

NOTICE

SUR SES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

PAR

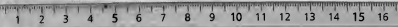
HENRI PIÉRON



PARIS

—
IMPRIMERIE A. DAVY ET FILS AÎNÉ
52, RUE MADAME, 52

—
1923



1890

1891

SCHEDULE OF FARE

1892



1893

1894

INTRODUCTION

« La physique, la physiologie et la psychologie sont dans une dépendance mutuelle si étroite que chacune de ces sciences ne peut que gagner au commerce des deux autres. »
H. MACM (1863)

A la fin de mes études secondaires, poursuivies à une époque où la spécialisation n'était pas trop hâtive, je me sentais attiré vers les sciences et vers la philosophie.

Mon père, normalien et mathématicien, comptait que je me présenterais à l'Ecole Normale dans la section des sciences et insistait sur les mathématiques, tandis que certains de mes maîtres me poussaient vers la section des lettres et la philosophie.

J'échappai à ce dilemme en entrant directement à l'Université. Et, là, je me mis à l'étude des sciences et de la philosophie.

Préoccupé par le problème de la connaissance humaine, je pensai que c'était moins du côté des sciences physiques, qui nous fournissent l'image du monde élaboré par l'homme, qu'il convenait de me tourner, puisque c'était l'élaboration même du monde physique qui constituait à mes yeux le véritable problème, mais vers les sciences de l'homme, psychologie, physiologie, pathologie, et, pour mieux comprendre l'homme en le replaçant au milieu des organismes dont il n'est qu'un représentant, vers la zoologie et la biologie générale. Je poursuivis donc de front des études philosophiques, biologiques et médicales.

Malgré l'obligation de préparer des examens et des concours, le désir de la recherche était chez moi si grand que les problèmes se pressaient en foule dans mon esprit et que j'entreprenais déjà d'en résoudre, rencontrant appui et conseils auprès des trois maîtres à qui je dois une vive reconnaissance, Alfred Giard, Albert Dastre, Pierre Janet, sans oublier le fondateur de la psychologie scientifique française, Th. Ribot, qui voulait bien s'intéresser à moi et ne me ménageait pas les encouragements.

Bientôt la direction de mon principal effort se précisait : appelé, comme préparateur, en 1901, au Laboratoire de Psychologie expérimentale des Hautes-Études que Liard venait de fonder dans un service de l'asile de Villejuif, par mon ami Ed. Toulouse à qui j'ai dû d'avoir très tôt la disposition de précieux moyens de travail, celui-ci me demandait d'écrire le livre sur le sommeil et les rêves prévu dans la bibliothèque de psychologie expérimentale, dont il entreprenait la publication.

Me voilà, pour un ouvrage qui, d'ailleurs, ne devait jamais voir le jour, attelé à la besogne, lisant, dépouillant, vite déçu. Les problèmes sont mal posés, les solutions contradictoires ne sont étayées d'aucun fait probant. Tout me paraît à reprendre. Et c'est dans la recherche que je me lance. J'étudie surtout le rêve, d'abord, et j'accumule observations et documents qui, encore aujourd'hui, restent presque tous inutilisés dans un tiroir. Le rêve est une manifestation de cet état particulier qu'est le sommeil et ne se peut comprendre que si l'on connaît bien d'abord ce dernier.

C'est donc à la question du sommeil, de sa nature, de son mécanisme que je m'attelle ; et j'y vois un problème de physiologie expérimentale, mais, en même temps un problème de pathologie, un problème de biologie.

L'étude des « états de sommeil », des comas, la recherche des phénomènes hypniques chez les animaux, vont de pair avec la détermination des concomitants du sommeil, avec l'expérimentation sur la cause réelle, que je réussis à faire apparaître, avec le concours de mon ami R. Legendre, en la renforçant, en empêchant des animaux de se livrer à leur repos périodique jusqu'à ce que le besoin de sommeil, devenu impérieux, révèle l'action dominante du facteur véritable, enfin démasqué.

Mais l'observation des animaux montre qu'il se produit, à la suite d'alternances périodiques régulières dans les conditions de vie, des persistance rythmiques spontanées portant sur les effets directs de ces conditions de vie ; il se manifeste ainsi une certaine indépendance des organismes, se libérant dans une assez large mesure de leur milieu, et ces persistance, cette libération, comportent une véritable anticipation ; l'être vivant peut réagir à une action extérieure avant même que cette action s'exerce, soit qu'un signe précurseur auquel elle est habituellement liée suffise pour déclencher la réaction, par une association dont Pawlow a formulé la loi, en étudiant les réflexes conditionnels, soit que le retour périodique de l'action entraîne l'apparition rythmique spontanée de la réaction, qui n'attend plus sa cause.

Et je comprends par là que, de même que la respiration suit son rythme sans attendre sa cause véritable, l'accumulation d'acide carbonique dans le sang, qui n'agit que lorsque les mécanismes d'anticipation se trouvent enrayés, au cours d'un coma agonique, par exemple, où les mouvements respiratoires réflexes du Cheyne-Stokes se manifestent seuls, de même l'inhibition des relations sensori-motrices avec le milieu qui constitue le sommeil, nécessaire à la vie des animaux dont les centres nerveux sont assez dévelop-

pés, se produit périodiquement sans attendre que l'« hypnotoxine », déchet du métabolisme cérébral, vienne exercer ses effets.

La perturbation insomniaque due à une défaillance des mécanismes d'anticipation peut alors mieux se comprendre.

Le problème s'éclaire ainsi, grâce aux données de toutes les disciplines convergentes.

Mais d'autres questions sont simultanément abordées et, de plus en plus, je trouve singulièrement fécond le rapprochement d'études poursuivies au laboratoire, à l'hôpital et dans la nature.

Chaque année c'est, pour un Parisien, l'époque des vacances qui est celle de la biologie, de l'éthologie animale dont Alfred Giard savait si bien dégager toute la séduction. Les ressources, assez relatives, d'ailleurs, des laboratoires maritimes, s'offrent, et j'accompagne Giard à Wimereux où il m'a laissé d'inoubliables souvenirs ; je vais à Arcachon, où je trouve la bienveillance de Jolyet ; je me rends surtout à Tahitou, où dans cet îlot minuscule, je passe des semaines, d'admirables semaines de travail.

Là, dans une de ces chambres-laboratoires, dont ma femme, la compagne dévouée et assidue, la collaboratrice constante de mes recherches, partage le confort spartiate, il est possible de vivre entièrement au milieu même de son matériel d'étude, des cristallisoirs remplis d'animaux, des instruments d'expériences ; on peut, au saut du lit, suivre la vie nocturne des organismes ; et, quand les nécessités des observations vous obligent, les nuits, à aller à mer basse voir sortir du sable les *Convoluta* sous la lune, ou chercher ce que deviennent vos *Actinies* dans les mares, on jouit, au milieu des rochers de granit où se fait entendre la chanson des radulas de *Patelles* râclant les algues, quand elles regagnent leur demeure avant le retour de la mer, de la merveilleuse solitude de l'Océan, propice à la réflexion, inspiratrice de pensée ! Oui, c'était bien là le laboratoire rêvé par le chercheur, cet ancien lazaret, dont la guerre fit un camp de concentration.

C'est à Tahitou que j'étudiai, chez des mollusques, les lois d'établissement et d'évanouissement des traces mnémoniques que je trouvais identiques à celles que me révélait la mémoire de l'homme, montrant ainsi l'identité profonde des phénomènes organiques en jeu.

Maintes fois, l'étude comparée des animaux et de l'homme m'a permis d'éliminer certaines interprétations complexes et particulières de faits, dont je constatais l'extrême généralité. Plus j'allais, et plus je trouvais que les explications psychologiques pouvaient faire place à des interprétations physiologiques, plus je m'apercevais que ma position, en marge des disciplines traditionnelles, mes explorations dans les domaines négligés de la psychobiologie et de la psycho-physiologie se montraient fructueuses.

Dès les débuts de formation de ma pensée, j'avais renoncé à l'étude subjective des phénomènes de conscience, et j'avais affirmé la validité de cette science biologique des comportements de l'homme et des animaux qu'était, à mes yeux, la psychologie, à un moment où ne s'étalait pas encore ce « Be-

baviorisme » psychologique que Watson déclare spécifiquement américain, et qui n'a de spécifique que ses exagérations souvent puériles.

Mais l'étude des lois de comportement peut et doit se compléter par une recherche des mécanismes physiologiques qui aboutissent à telle ou telle manifestation d'activité.

La physiologie doit s'efforcer de sous-tendre la psychologie : à cette tâche, j'ai voulu participer.

Et j'ai pensé que, pour rejoindre les mécanismes mentaux, il fallait suivre la marche normale du cycle sensori-moteur, s'adresser d'abord à cette transformation de l'excitant extérieur en une modification spécifique de l'organisme, caractéristique de la réception sensorielle, et suivre la phase centripète de l'excitation, gagnant avec elle les centres où s'élaborent les réponses du comportement.

Il y a, au point où l'excitation aborde l'organisme, un carrefour où se côtoient, trop souvent en s'ignorant les unes les autres, des disciplines diverses, la physique d'abord, et la physico-chimie, précisant la nature de l'excitation, la morphologie renseignant sur les dispositifs récepteurs, la physiologie, bien entendu, la pathologie avec ses spécialisations neurologique, ophtalmologique, otorhinolaryngologique, etc., et la psychologie, enfin, utilisant le comportement qui révèle cette réponse de l'organisme qu'est la sensation. Ce carrefour est d'un intérêt essentiel pour notre théorie de la connaissance ; c'est le domaine de la « physiologie des sensations ».

L'analyse des temps de latence sensorielle, l'étude des réceptions lumineuses et chromatiques auxquelles je consacre mes recherches actuelles me semblent pleines de promesses.

Et j'espère apporter encore quelques pierres à cet édifice de la science, dont on ne conçoit pas qu'il puisse être jamais achevé.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

L'activité scientifique s'exerce sous quatre formes essentielles : la *recherche*, qui vise à enrichir notre connaissance de faits et de lois ; la *synthèse*, qui s'efforce de dégager les notions essentielles et construit les théories générales ; la vulgarisation ou l'*enseignement*, qui diffuse la science faite, et aide la science à se faire ; enfin, l'*application*, qui fait bénéficier les techniques de vie humaine des acquisitions nouvelles.

Il m'a semblé, travaillant dans des voies peu frayées, qu'il ne m'était possible de me désintéresser d'aucune de ces formes d'activité, tout en donnant à la recherche la première place.

* *

Nommé, en 1907, maître de conférences à l'Ecole pratique des Hautes-Etudes, j'ai fait chaque année, jusqu'en 1911, une série de leçons sur les questions qui constituaient l'objet de mes travaux, (évolution du psychisme, évolution du système nerveux, lois et évolution de la mémoire) ; et, en outre, j'ai organisé — pour la première fois en France — des travaux pratiques de laboratoire consacrés à la psychologie (physiologique, comparée, expérimentale et pathologique).

J'ai donné, en 1909 et 1910, deux séries de conférences, à l'Ecole d'Anthropologie, sur la psychométrie et l'anthropologie psychologique.

Nommé, en 1912, directeur du Laboratoire de Psychologie physiologique de la Sorbonne (Hautes-Etudes)), qui avait été fondé, en 1889, pour Henry Beaunis, quittant sa chaire de physiologie de l'Université de Nancy, je succédais au regretté Alfred Binet, successeur lui-même de Beaunis. J'organisai encore, dans ce laboratoire, des travaux pratiques préparatoires à la recherche, et dirigeai les travaux d'un certain nombre d'élèves (Toltschinsky, Falguière, Spaier, Drabovitch, Milles Morand et Vlaicou, etc...).

Après la guerre, l'organisation, à laquelle je pris part, de l'Institut de Psychologie de l'Université de Paris, commun aux Facultés des Lettres et des Sciences, jetait un pont entre la philosophie et la biologie.

Je fus chargé d'y enseigner la psychologie physiologique, prévue à son statut, et donnai, à partir de 1920-1921, des leçons théoriques (l'étude des sensations ; la vision ; les fonctions perceptives), parallèlement à un en-

seignement pratique, dirigeant toujours, malgré l'exiguïté des locaux, dont je dispose, les recherches de plusieurs travailleurs français et étrangers (1).

L'enseignement oral et pratique se complète de l'enseignement écrit : J'ai publié diverses études critiques de mise au point et des ouvrages, en partie au moins documentaires, sur la Mémoire, sur le Sommeil, sur le Fonctionnement cérébral.

Et, j'ai toujours songé à faire bénéficier les autres travailleurs de mes lectures, en donnant, dans diverses revues, des comptes rendus des études qui me paraissaient intéressantes. A partir du moment où me fut confiée la succession d'Alfred Binet à la direction de l'*Année Psychologique*, (1912), je dus organiser l'analyse systématique de tous les travaux concernant la psychologie scientifique, faisant de cette publication un instrument de travail qui n'aura pas été, je crois, inutile.

Enfin, dans la diffusion des résultats de la science, j'ai toujours pensé qu'il fallait donner au contrôle et à la critique plus de place qu'on ne le fait généralement, et ai dirigé particulièrement mon effort en ce sens, pendant les années où j'ai eu la charge du secrétariat général de la *Revue Scientifique*.

S'il ne sied guère de s'enorgueillir d'une œuvre négative, je ne puis m'empêcher de me féliciter, toutefois, d'avoir joué un rôle dans la découverte assez rapide de l'erreur commise par des physiiciens de Nancy, lorsqu'ils crurent découvrir les Rayons N, à un moment où il eût été regrettable que la science française pût prêter, si peu que ce fût, au ridicule.



Je me suis trouvé assez tôt au contact d'Ed. Toulouse, si soucieux des applications sociales de la science, pour n'avoir pu songer à m'enfermer dans la métaphorique tour d'ivoire, qui paraît bien démodée à notre société moderne.

Sans parler des applications thérapeutiques de guerre de la psychopathologie, j'ai consacré, depuis 1901, une partie de mon temps à ces techniques psychométriques qui jouent aujourd'hui, aux Etats-Unis et en Allemagne, un rôle pratique considérable. J'ai élaboré des méthodes de tests, en ai étudié et préconisé l'emploi, non sans la critique indispensable, pour la détermination des aptitudes et l'orientation professionnelle.

(1) En outre de mon enseignement professionnel, j'ai accepté de faire, dans des buts divers, un certain nombre de conférences : Histoire du sixième sens, à l'Association française pour l'Avancement des Sciences (1908); conférence transformiste sur l'insinjet à la Société d'Anthropologie (1908); conférences aux futures inspectrices des Ecoles maternelles sur l'éducation de la mémoire (1910), aux instituteurs du 18^e arrondissement sur la psychologie pédagogique (1912), et aux directeurs des Ecoles Normales de France réunis à Paris (1921); conférences sur la psychologie et l'orientation professionnelle au Conservatoire des Arts-et-Métiers, organisées par l'Institut Lannelongue (1922), etc.

Au cours de mes recherches sur la vision, je me suis soucié des règles pratiques d'éclairage rationnel qui devaient se déduire des données théoriques acquises, et j'ai été appelé à contrôler les modes d'éclairage électrique qui vont être généralisés dans les écoles de la Ville de Paris.



La recherche n'a pas laissé d'être, toutefois, le but essentiel de mon activité. Qu'ai-je apporté à la science, en dehors des dispositifs techniques ou des appareils nouveaux ?

Quatre questions ont fait l'objet principal de mes travaux. J'en indiquerai ici les résultats essentiels :

1° *La Mémoire.*

J'ai établi ou précisé les lois d'évolution du souvenir, loi d'établissement et loi d'évanouissement de la trace mnémonique, et j'ai montré que, avec des différences dans les constantes, ces lois étaient les mêmes pour la mémoire brute de l'homme (quand n'interviennent pas les facteurs d'intellectualisation) sous ses diverses formes, et pour la mémoire d'animaux inférieurs étudiée en suivant la formation et la dissolution d'un réflexe conditionnel d'inhibition (1908-1913, 1920).

2° *Le Sommeil.*

J'ai montré avec mon ami René Legendre, que, lorsqu'un animal est empêché de dormir, son appétit croissant de sommeil est corrélatif de la formation d'une propriété toxique de ses humeurs, entraînant bientôt des altérations notables des cellules cérébrales, propriété qui, transmise à un animal normal, lui confère un besoin de sommeil impérieux, et suscite chez lui les mêmes altérations cellulaires du cerveau. Mais, que l'animal dorme, et la propriété toxique disparaît, les altérations se réparent.

Ainsi a été mise en évidence avec la formation de l'« hypnotoxine », la cause profonde du sommeil, qui oblige l'homme à dormir, sous peine de mort. (1906-1912).

Les faits établis sont rapidement devenus classiques.

3° *Tonus et Réflexes.*

J'ai mis en évidence, dans les réflexes tendineux, une double réponse neuro-musculaire, d'une part, une réponse clonique, une secousse, et d'autre part, une ondulation du tonus. Dans les états atoniques, la seconde réponse fait défaut et la secousse persiste seule ; dans les hypertonies incomplètes, cette seconde réponse s'exagère, tandis que la première peut manquer entièrement.

Et cette forme tonique de réflexivité montre qu'il existe plusieurs for-

mes de tonus musculaire, qu'à côté du tonus de repos, ou tonus résiduel, il se manifeste en particulier un tonus d'attitude, tonus variable, s'adaptant aux conditions de l'organisme et du milieu, et aussi un tonus de soutien, au cours de la contraction tétanique volontaire, dont la défaillance rend compte des tremblements d'origine cérébelleuse. (1916-1920).

A l'heure actuelle, la pluralité des formes du tonus commence à devenir une notion courante, et je crois y avoir contribué.

4° Les lois du temps des sensations.

J'ai pu établir la loi générale qui relie à l'intensité de l'excitation la latence d'une sensation, et, décomposant, pour l'excitation lumineuse, ce temps de latence en ses éléments constitutifs, tâche qui paraissait encore actuellement irréalisable à beaucoup, j'ai pu faire la part de ce qui relevait du temps nécessaire à la réaction photochimique, du retard d'excitation du nerf par les produits de cette première réaction, enfin, du retard réductible de franchissement des divers synapses étagées entre les neurones périphériques et les neurones corticaux ; et j'ai déterminé les lois propres de variation, en fonction des intensités, de ces durées successives.

Rendant compte du mécanisme des couleurs subjectives de Fechner-Benham, — inexplicables depuis leur découverte en 1838 — je trouve, dans ces couleurs, le moyen d'étudier la variation de la vitesse d'établissement des processus chromatiques fondamentaux, en fonction des intensités lumineuses, et montre que la même loi, qui vaut pour l'établissement des sensations de lumière, s'applique aussi à l'évanouissement de ces sensations, en sorte que l'évolution entière du processus sensoriel s'accélère ou se ralentit dans les mêmes proportions quand change la grandeur de l'excitation.

J'établis encore la loi complexe de variation de l'énergie liminaire, en fonction de la durée de l'excitation, pour différentes surfaces rétiniennes excitées, montrant qu'il existe une durée optima pour laquelle l'énergie liminaire passe par un minimum, et que c'est pour les temps les plus courts que la sommation en surface s'effectue, dans la rétine, le plus complètement.

Enfin, je montre que, pour toutes ces lois, les constantes sont différentes quand on s'adresse à l'excitation des cônes ou à celle des bâtonnets, et, qu'à condition d'examiner séparément le comportement de ces deux catégories d'éléments récepteurs, les nombreuses contradictions expérimentales des études sur la vision se résolvent et les obscurités se dissipent (1912-1914 ; 1918-1923).

Qu'il me suffise de rappeler encore, brièvement, quelques données se dégageant de mes autres travaux.

J'ai établi l'existence de multiples phénomènes de persistances rythmiques (en particulier avec Ed. Toulouse, du cycle nyctéméral de la tempé-

nature humaine, qui ne s'inverse que progressivement, en plusieurs semaines, quand on renverse ses conditions de vie, faisant de la nuit le jour) (1906).

J'ai montré qu'il se développait, chez les animaux inférieurs, tels que les Actinies, des réactions anticipées à des influences nocives, par un mécanisme qui est celui même des réflexes conditionnels. (1907-1909).

J'ai établi chez la fourmi, le rôle de la mémoire kinesthésique dans les phénomènes d'orientation, par une expérience cruciale à laquelle les nombreux auteurs qui sont partis d'elle pour effectuer de nouvelles recherches ont attaché mon nom (1900-1904), et j'ai élucidé le mécanisme du retour de la Patelle à son « home » rocheux (1908-1909 ; 1919-1920).

J'ai déterminé l'existence d'une orientation olfactive à mécanisme actif chez la Nasse, et précisé la topographie et la nature des diverses sensibilités chimiques, dans l'eau, dans l'air, de plusieurs Gastéropodes (1908-1909).

J'ai pu établir l'existence, chez des Crustacés Décapodes et chez des Orthoptères, d'une forme « psychique » d'autotomie superposée à l'autotomie réflexe de Frédéricq et illustrant le mécanisme de la « dynamogénie émotionnelle » (1907-1909 ; 1918-1920).

J'ai constaté que certaines adaptations pigmentaires, chez des Isopodes, ne réalisaient nullement un mimétisme chromatique, une homochromie, mais une adaptation de la clarté de l'animal à celle du fond, une « homophanie », dont la notion n'a pas tardé à se répandre.

Et les faits prouvent l'existence, chez ces animaux, de sensations « comparatives » de clarté des objets, indépendamment de l'éclairage, équivalant à des sensations de gris et de noir qui ne sont pas des sensations de luminosité absolue (1913-1914).

A un moment où l'on doutait de la réalité du réflexe psychogalvanique, j'ai apporté des faits décisifs à son appui et des données permettant de préciser le mécanisme, en éliminant certaines interprétations erronées. J'ai rattaché le réflexe à l'expression polyglandulaire des émotions (sécrétion sudorale abaissant la résistance cutanée) (1910-1914).

Avec A. Mairét, dont je fus l'assistant au cours de la guerre dans un centre neuro-psychiatrique, nous avons, les premiers en France, dégagé la physiologie neuro-psychique du syndrome commotionnel, nous avons distingué les éléments communs aux diverses formes de choc et les éléments différentiels de la commotion proprement dite et du traumatisme émotionnel (1915-1917).

Nous avons montré que la loi de régression de Ribot, applicable aux amnésies démentielles, n'était pas valable pour les amnésies traumatiques (1916).

Avec E. Derrien, nous avons précisé la grandeur de la réaction hyperglycémique émotionnelle, mis en évidence une augmentation consécutive du sucre du liquide céphalo-rachidien et montré qu'il existait un antagonisme compensateur entre les manifestations motrices de l'émotion et la décharge nerveuse viscérale (1908).

En procédant à l'excitation galvanique unilatérale du labyrinthe, j'ai précisé ses fonctions réflexes et donné une interprétation générale des divers troubles de la réflexivité engendrés par des lésions des appareils périphériques, des voies de conduction, ou des centres (1917).

Enfin, sans insister davantage sur des résultats secondaires, qui sont résumés dans l'exposé analytique, je signalerai diverses observations éthologiques (mécanisme de la maîtrise des proies chez le Poulpe, alimentation des Némertes, mémoire sensorielle des fourmis, du Poulpe, des poissons, etc...), des études de sensations (nature de la sensibilité vibratoire, pluralité des sensations de douleur, mécanisme central de l'attention sensorielle, degrés de l'hémianopsie, nature des localisations sensitives corticales, double processus de l'illusion de Müller-Lyer, explication des roues tournantes, etc...), et des recherches de psychologie générale (loi de l'association des idées, mémoire affective, caractéristiques psychologiques d'un xiphopage, etc...).

De certains de ces faits m'ont paru se dégager quelques notions de portée assez générale.

C'est ainsi que, maintes fois, j'ai eu l'occasion de montrer qu'il ne fallait pas, comme la plupart des auteurs n'hésitent pas à le faire, lorsqu'on a élucidé le mécanisme d'un phénomène biologique, se figurer qu'en toute circonstance des phénomènes analogues relèvent de ce même mécanisme, il existe, en effet, des processus de « polygénèse », comme c'est le cas pour les états de sommeil, l'autotomie, les phénomènes d'immobilisation, les variations galvanométriques physiologiques sous l'influence des processus mentaux, le tonus musculaire, les illusions du type Müller-Lyer, etc..., etc...

D'autre part, il ressort, de certains des faits que j'ai étudiés, la nécessité où l'on est de se délier du principe : « *Sublata causa tollitur effectus* », lorsque la cause revient périodiquement, étant donnée la persistance rythmique de l'effet pendant un temps plus ou moins long (démonstration que ce sont bien les conditions de vie qui règlent le cycle nycthémeral de la température, malgré la persistance prolongée de la variation engendrée, quand les conditions de vie sont renversées).

Enfin, la prudence dans les théories explicatives d'un fait isolément envisagé s'impose, quand on constate que le même fait, si l'on procède, comme on le doit, à une étude assez générale, se présente dans des conditions telles que les facteurs invoqués font défaut. Les théories psychologiques de la loi de Fechner, dont on voit toujours naître des formes nouvelles, sont ren-

dues bien inutiles, quand on constate que cette loi, approximative d'ailleurs, vaut pour toute réaction organique engendrée par un excitant extérieur ; de même pour l'explication psychologique recherchée par Wundt de l'accélération des réactions en fonction des intensités croissantes d'excitation, quand la loi, numériquement identique, du phénomène, pour une catégorie donnée d'excitations, se rencontre aussi bien en s'adressant aux réactions réflexes d'une grenouille décapitée ; de même encore une théorie physico-chimique particulière de la mémoire, telle qu'en a pu donner Brailsford-Robertson, se montre bien scabreuse, quand elle fait appel à tel processus chimique défini à cause d'une courbe en S exprimant l'évolution de la croissance de la trace mnémonique, alors qu'une telle courbe se rencontre dans tous les processus biologiques d'accroissement, et même dans bien des processus inorganiques.

Ces remarques paraîtront assez banales au logicien qui formule les règles de la méthode scientifique ; mais formuler des règles, ce n'est pas tout à fait la même chose que les appliquer, et des exemples concrets ne sont peut-être pas sans vertu, quand on en peut dégager la leçon.



Pour ce qui concerne la philosophie de la science, je l'envisage à deux points de vue, celui des attitudes générales prises vis-à-vis des phénomènes, et celui des théories édifiées sur la synthèse des faits.

L'attitude générale que j'ai adoptée est celle qui m'a paru, dans l'histoire de la science, avoir la plus grande valeur heuristique. Faire comme si tous les phénomènes étaient réductibles aux mêmes mécanismes fondamentaux, relevaient exclusivement des mêmes principes généraux ; mais, en même temps, se montrer sévère au point de vue des réductions affirmées avant de les considérer comme établies, et ne pas adopter des explications physico-chimiques simplistes de certains phénomènes complexes, telles qu'en a souvent donné Lœb, tout simplement parce qu'elles vont dans le sens des progrès généraux de la science.

Au point de vue du domaine propre de mes recherches, j'ai envisagé la science psychologique comme l'étude des lois propres de l'activité globale, de la conduite des organismes, de leur comportement, de façon entièrement objective, cherchant à retrouver ces lois par la détermination des mécanismes physiologiques qu'impliquent les actes des organismes, sans soulever le problème de la conscience que je considère comme insoluble dans l'état actuel de nos connaissances.

Ce n'est qu'avec prudence que j'ai abordé la synthèse pour laquelle la bonne volonté ne suffit pas. Et j'ai toujours eu souci de distinguer ce qui

exprime et résume notre expérience des faits de ce qui la dépasse, et, à titre d'hypothèse, représente un ferment d'activité nouvelle, générateur de découvertes.

Sur la nature et l'évolution des phénomènes de mémoire, sur la genèse du sommeil normal, sur quelques mécanismes physiologiques de processus mentaux, j'ai tenté d'édifier des théories provisoires, dont l'avenir montrera jusqu'à quel point elles étaient valables.

Et j'espère que mes recherches actuelles me permettront de construire, de certains mécanismes récepteurs et des processus présidant à l'élaboration des réactions perceptives, une représentation qui ne soit pas trop inadéquate.

Tâche ambitieuse. Mais ne faut-il pas viser loin pour, avec nos faibles forces, atteindre un but rapproché ? Ne faut-il pas diriger notre regard sur la magnificence des horizons lointains pour oublier ce qu'a au fond de mesquin notre activité individuelle, et pour maintenir cette ferveur enthousiaste, nécessaire, chez les hommes de science, à l'accomplissement de leur importante tâche sociale, jusqu'au jour où le flambeau passe, de leurs mains défaillantes, en de plus jeunes mains.

EXPOSÉ ANALYTIQUE

SECTION A

Méthodologie et Philosophie biologique

TITRE I

La psychologie objective et la physiologie

1° *La science du comportement.* (3 ; 6 T. II. — 32 ; 65 ; 402 ; 417 ; 118 ; 139 ; 150 ; 176 ; 177 ; 212. — 11 ; 15 ; 22 ; 34 ; 38 ; 63).

Lorsque je commençai des recherches psychologiques, à la fois sur l'homme et sur l'animal, dans les premières années du siècle, la psychologie était toujours considérée comme vouée à l'étude exclusive des phénomènes de conscience ; aussi quelques biologistes, se défiant de l'antropomorphisme, et renonçant à l'étude de la conscience des animaux, qui échappe à toute investigation positive, soutinrent qu'il ne pouvait y avoir de psychologie comparée, et qu'une étude physiologique de l'animal était seule possible, étude physiologique qui réclamait un langage propre. Ainsi, en s'adressant à l'animal, ou bien on devrait s'efforcer de pénétrer sa conscience intime, ou bien on devrait renoncer à la psychologie et à son langage.

Or, d'emblée, il me parut qu'entre ces deux attitudes il y en avait une troisième possible, et ce fut elle que j'adoptai. Je protestai contre la terminologie nouvelle de Beer, Bethe et Uexküll et discutai avec Nuel qui se montrait partisan de cet effort qu'il qualifiait d' « antipsychologant. » (38, 1905-06).

« Pour obliger les esprits à l'effort pénible de s'assimiler un langage nouveau, nécessairement assez complexe, fait de mots artificiellement construits

et par là même d'aspect rébarbatif, il faut que les raisons d'adoption de ce langage soient extrêmement fortes ; s'il était impossible d'exprimer les phénomènes étudiés, il faudrait bien évidemment adopter une terminologie nouvelle. Mais cette raison majeure ne pouvait être invoquée : il eût fallu renoncer en réalité à un langage classique, courant, universellement adopté, et ce pour cette unique raison que les termes, ayant une signification subjective, c'est-à-dire étant liés à des expériences introspectives pour chacun, devenaient dangereux dans l'expression de phénomènes dont on ne pouvait savoir s'ils avaient un correspondant subjectif.

« Or, une telle raison est peu valable pour deux motifs. Le premier, c'est que, au bout de peu de temps, le nouveau langage serait vraisemblablement contaminé par contact avec l'ancien ; on ne tarderait pas à associer étroitement la « tango-réception » avec la sensation tactile, les deux termes s'appliquant dans les mêmes cas, et la « réception » acquerrait le même contenu associatif que la sensation ; il en serait à peu près comme d'un terme appartenant à une langue étrangère nouvellement apprise, tel que l'« Empfindung » par rapport à la sensation. Et, d'autre part, si l'on pouvait affirmer, en parlant de photo-réception, de tango-réception, ou de chémo-réception, qu'il ne peut y avoir dans les cas dont il s'agit de phénomènes conscients, peut-être y aurait-il lieu d'opposer ces termes à ceux de sensation visuelle, tactile ou olfactive ; mais il n'en est pas ainsi, et, comme le langage objectif doit s'appliquer à l'homme, on peut s'assurer que, pour soi-même, une tango-réception n'est autre qu'une sensation tactile consciente. Et, en somme, il vaut mieux établir le contact entre les phénomènes objectifs étudiés par voie expérimentale, et les constatations introspectives, que de prétendre creuser entre les uns et les autres un fossé infranchissable, prétention qui d'ailleurs serait condamnée à rester vaine. » (176, p. 122).

Le langage psychologique, déclarai-je dès 1904, n'implique aucunement l'existence de phénomènes conscients (32) ; il sert à exprimer des phénomènes objectivement constatables, du moment qu'il s'applique aux individus autres que soi-même, car, pour chacun, il n'y a que sa propre conscience qui soit un fait d'expérience. Dès lors, sans refuser droit d'existence à une psychologie consistant en l'analyse subjective de son propre sens intime, il me parut que la psychologie expérimentale était objective en tant qu'elle étudiait les lois de production de phénomènes constatables par les sens au même titre que tous les phénomènes de la nature, sans qu'il y ait d'autre différence entre l'étude des animaux et celle de l'homme que la possibilité d'utilisation, chez ce dernier, des réactions particulièrement souples et nuancées que permet le langage.

Et je conçus et définis la psychologie comme la science du comportement (1) des organismes.

(1) J'employai, en février 1907 (*Revue Scientifique*), ce mot, qu'utilisait Pascal, et qui émit tombé en désétude, comme équivalent des termes Behavior, Behaviour, Verhalten, Comportamento.

« C'est donc, disais-je en 1908, une troisième conception du psychisme qu'il nous faut adopter, conception purement objective cette fois, et qui permette à la psychologie de prendre la place qui lui revient parmi les sciences biologiques. Cette conception, qui se dégage des tendances contemporaines, n'apparaît pas encore avec netteté parce que le problème passionnant de la conscience s'impose malgré eux à la plupart des esprits, qui cherchent vainement à se libérer des entraves de la philosophie. Et pourtant il est possible, autant que nécessaire, non point de nier, mais d'ignorer la conscience dans ces recherches évolutives sur le psychisme des organismes.

« Mais si ces recherches ne portent pas sur la conscience, sur quoi donc porteront-elles, qui ne soit déjà étudié par la physiologie ? Elles porteront sur l'activité des êtres et leurs rapports sensori-moteurs avec le milieu, sur ce que nous sommes en droit d'appeler « le comportement » des organismes. Alors que la physiologie s'applique à déterminer le mécanisme des fonctions de relation, prises isolément, la psychologie doit étudier le jeu complexe de ces fonctions, le mécanisme de leur utilisation qui permet la continuation et la perpétuation de la vie : alors que les sexes sont différenciés, par exemple, la recherche de la femelle, l'acceptation du mâle sont les précurseurs indispensables de la fonction reproductrice, et pourtant la physiologie les ignore.

« La psychologie occupe une place distincte dans la biologie, non pas tant d'ailleurs par son objet que par son langage. » (102, p. 292).

Une telle psychologie est pleinement objective parce qu'elle aboutit à des relations générales, à des schèmes communicables ayant même valeur pour tous les hommes, enrichissant le patrimoine collectif ; la socialisation verbale de l'expérience lui donne le caractère d'objectivité qui fait défaut aux expériences intimes « ineffables », essentiellement subjectives, et dont l'intuition bergsonienne permet la représentation philosophique (1).

La délimitation de la psychologie de comportement et de la physiologie a pu sembler un peu précaire ; toutefois la différence même de langage donne un critère apparent ; parler de sensations et de souvenirs, ou de métabolisme et d'influx nerveux indique deux disciplines différentes.

Certes, il y a des questions de frontières contestables, mais comment s'en

Il fut adopté pour la première fois par E. Faure-Fremlet (*Bull. de l'Inst. gén. Psychol.*, 7, 4; nov.-déc. 1907, p. 441), puis son emploi se généralisa, et est aujourd'hui devenu à peu près universel chez les biologistes et les psychologues ; il commence même à se rencontrer chez les littérateurs.

(1) Je donnai à la Société de philosophie, en 1911, un exemple d'une étude psychologique objective, en exposant les résultats de mes recherches sur la mémoire, et je dus insister dans la discussion, sur la possibilité de ne faire aucun appel à sa propre expérience subjective ; on peut étudier l'audition colorée sans l'éprouver ; un sourd peut étudier la sensibilité auditive et ses lois ; la vision de l'ultra-violet, la sensibilité à l'humidité sont objet de recherches chez l'animal, bien que nous ne les possédions pas. Et quand la psychopathologie s'adresse aux défectes, elle n'exige pas que le psychiatre soit défectif.

étonner quand, dans la continuité des phénomènes, nous introduisons pour notre commodité des divisions qui ne laissent pas d'être arbitraires.

Le comportement global d'un organisme relève de la psychologie et les réponses partielles, les réflexes localisés, de la physiologie, par tradition.

Mais, au fond, la véritable différence est la suivante :

De même que les chimistes, mettant deux corps en présence, déterminent les effets de la réaction qu'ils provoquent, et les lois d'obtention de tel ou tel produit, de même les psychologues, quand un organisme est soumis à une excitation, déterminent les modalités de la conduite ultérieure de cet organisme et les lois qui régissent l'effet réactionnel engendré par l'excitation. Mais il appartient à la chimie physique de préciser les mécanismes intimes qui régissent la décomposition et le regroupement moléculaires, comme il appartient à la physiologie de connaître les processus intermédiaires entre l'excitation et la réaction, les mécanismes biologiques, physico-chimiques, impliqués par le comportement (63, discussion à la Société de Philosophie du 26 janvier 1922).

L'attitude objective en psychologie avait été prise, dès 1904 également, par Bochterew, qui se rapprocha ensuite du point de vue de Pawlow, dégageant de la notion du réflexe conditionnel (1) une « psychocécilologie », où se trouvent confondus le point de vue physiologique et le point de vue proprement psychologique.

Notamment plus tard (1913) dégageant une théorie de la psychologie de l'étude du comportement animal, Watson expose un « behaviorisme » qu'il considère naïvement comme spécifiquement américain ; il fait consister les phénomènes mentaux en des phénomènes moteurs, ignorant les processus nerveux, et repousse toute interrogation du sujet, comme si la tâche introspective n'aboutissait pas à un comportement objectif.

A cet égard, si Watson tenait ainsi à s'opposer à la psychologie expérimentale classique, doctrinalement représentée en Amérique par Titchener, élève de Wundt, cette originalité lui retirait un moyen fructueux d'investigation.

« Il est dans le comportement humain une particularité révéléable par le langage, et qui consiste à se préoccuper des mécanismes qui fonctionnent au cours même de leur fonctionnement, non sans gêner, d'ailleurs, souvent ce fonctionnement. Il est bien probable que l'introspection suppose une conscience et des phénomènes subjectifs chez l'individu qui s'y livre, mais, pour le psychologue qui recueille des documents introspectifs, ces documents ont la même objectivité que des documents météorologiques. » (150, p. 8).

En mettant à part l'attitude intrinsèque de Watson, on doit constater qu'aujourd'hui est de plus en plus reconnue la nécessité d'envisager la psychologie scientifique, non comme l'étude des faits de conscience, mais comme la science du comportement. Dans de très nom-

(1) J'avais été frappé très tôt de la méthode précieuse que présentait pour la psychologie animale la salivation psychique, et, ignorant que Pawlow avait déjà orienté dans cette voie les recherches de son laboratoire, je signalais en 1904 le domaine qui s'ouvrait avec le désir, que d'autres recherches m'empêchèrent de réaliser, d'y apporter une contribution personnelle : « Etant donnée, disais-je, la facilité avec laquelle on peut établir une fistule dans le canal de Wharton chez le chien, et la régularité avec laquelle on observe la sécrétion de la salive sous l'influence d'une sensation alimentaire visuelle, olfactive ou gustative, on est en possession d'un moyen précieux de psychologie sensorielle animale. On pourra mesurer les seuils sensoriels avec beaucoup d'exactitude par le seuil d'écoulement salivaire. Il y a là un vaste domaine de psychologie animale qui me paraît s'ouvrir. » (34).

breaux manuels modernes, c'est cette définition que l'on trouve et la psychologie s'intègre ainsi vraiment dans la biologie.

2° Etude objective des sensations, Psychophysique, et psychophysiologie.
(5 ; 228 ; 234).

Le retentissement de l'œuvre de Fechner est évidemment responsable de la désignation fréquente par le mot de « psychophysique » de l'étude scientifique des sensations.

Or, la psychophysique vise à étudier les rapports du phénomène de conscience, considéré comme impliqué par la sensation, avec le phénomène physique qui le suscite, comme si cette jonction directe était possible sans tenir compte du phénomène essentiel, à savoir la modification organique provoquée par l'excitation. Il y a une physiologie de la sensation, mais il n'y a pas de psychophysique. Il existe bien, on le sait, une loi psychophysique ; seulement, cette loi est une loi de physiologie : L'accroissement de la réponse organique (par exemple, la variation négative du nerf sensoriel) à une excitation d'intensité croissante, se fait proportionnellement au logarithme de cette dernière, dans certaines limites tout au moins. En réalité, quand on suit, depuis le seuil jusqu'à la limite pratique de la grandeur de l'excitation, la variation de la réponse, on trouve que l'accroissement se fait suivant une courbe en S, tellement générale en biologie que Waller, sous le nom de courbe sigmoïde, y voulait voir une caractéristique de la vie. Si l'on reconstitue l'accroissement d'intensité de la sensation par intégration des réactions différentielles, on constate (la loi de Weber n'étant vraie que de façon approximative pour les intensités moyennes) qu'il faut faire appel à la même courbe en S.

Toutefois, sur le terrain physiologique, si l'accroissement de grandeur de la réponse peut facilement se concevoir (loi approximative de Fechner), la modification qualitative de réponse engendrée par un accroissement d'intensité de l'excitation (réaction différentielle, telle qu'on peut en obtenir par la méthode du réflexe conditionnel) pose un problème de solution difficile. Une hypothèse provisoire serait la suivante : étant donné un circuit réactionnel dont les neurones sont en accord, en synchronisme relatif, une variation d'intensité entraînerait une modification de la caractéristique de l'influx (comme, dans le rayonnement du corps noir, l'accroissement dans l'émission d'énergie corrélatif de l'élévation de la température, s'accompagne d'un déplacement dans la fréquence du maximum des radiations) ; dès lors, pour une certaine variation, il y aurait passage d'un circuit syntonisé à un autre, et ces échelons de syntonie constitueraient les accroissements différentiels juste perceptibles.

En matière de sensations surtout, c'est n'est pas d'après l'aspect conscient des impressions qu'on peut espérer obtenir une connaissance approfondie des phénomènes, et Fechner a construit une métaphysique qui n'a rien apporté à l'édifice de la science.

« Si la sensation est la notation spécifique d'une modification réversible d'un élément nerveux donné (neurone ou chaîne de neurones); ce qui nous importe, ce n'est pas la notation, c'est la spécificité.

« Devant une lumière verte, j'éprouve une certaine impression, vous en éprouverez une aussi. Je n'ai aucun moyen, ni de connaître votre impression subjective, ni de vous faire connaître la mienne; mais peu importe; du moment que, dans les mêmes conditions d'excitation nous subissons l'un et l'autre une modification spécifique, que nous pouvons donc présenter une réaction spécifique, cela suffit pour que nous puissions nous entendre. Et la réaction verbale « vert » ou « green » nous permettra de nous assurer que nous subissons ou non, dans d'autres circonstances, la même modification.

« Les mots auront pour chacun de nous une signification subjective sans importance générale, mais ils ont, comme réactions spécifiques, une signification objective qui leur confère une valeur sociale et une valeur scientifique.

« Les réactions provoquées par les excitations se traduiront immédiatement en phénomènes moteurs, ou se passeront surtout en évocations associatives élaboratrices de réactions motrices différées; dans tous les cas leur spécificité les liera à la modification de certains éléments nerveux récepteurs. » (228, p. 103).

Et, à l'heure actuelle, on peut entreprendre avec fruit l'analyse des mécanismes nerveux impliqués dans les circuits sensori-moteurs.

TITRE II

Langage et Théories

1^o Vitalisme et mécanisme (3 — 65 ; 241 — 36).

Il n'est plus possible de prétendre, étant donnée l'origine évolutive du savoir, que la science se montre susceptible d'atteindre les choses en soi,

les noumènes. Elle est un mode pratique et fructueux de résumer l'expérience collective.

« La science vise à établir, entre les phénomènes, des relations constantes, des lois, permettant la prévision et une adaptation sans cesse plus parfaite du comportement humain à la nature. C'est là le rôle technique du savoir.

« En outre, elle aboutit à édifier des théories générales, à unir des catégories plus ou moins vastes de phénomènes en des synthèses adéquates, et cela paraît être la tâche philosophique de la science. Mais, entre l'établissement des lois et la construction des théories, il n'y a pas de différence radicale, et la théorie peut se présenter sous trois aspects différents, dont le premier la montre en effet étroitement apparentée à la loi positive :

« La théorie peut en effet constituer une synthèse provisoire des faits connus, un mode d'expression générale, s'appliquant aux lois établies comme à des exemples particuliers. Sous cette forme, la théorie devient en quelque sorte un instrument de prévision et d'action du deuxième degré ; son intérêt essentiel consiste en la simplification d'un savoir complexe, en une économie de souvenirs multiples, en un soulagement de la mémoire, grâce à ce fait qu'un système mental très limité peut remplacer la connaissance, non seulement d'une infinie variété de faits particuliers — auxquels se substituent déjà les lois — mais d'une multiplicité de relations générales.

« La théorie, cependant, dans la plupart des cas, en vient à dépasser le cadre des faits connus, des relations établies, elle anticipe sur l'expérience, en reconstruisant, à partir de certains principes, une réalité complexe. Devenue ainsi hypothèse, elle offre au chercheur des problèmes à résoudre ; donnant une représentation des phénomènes, elle incite le savant à vérifier si cette représentation est adéquate et dans quelles limites elle le reste ; elle permet des déductions à confronter avec l'expérience. Plus précaire que la synthèse élémentaire, limitée à une généralisation étroite des faits connus, elle est en revanche plus féconde en ce qu'elle favorise les acquisitions nouvelles, même fausse d'ailleurs, parce que fausse quelquefois.

« Mais la théorie peut chercher davantage, et viser l'« explication » de phénomènes. »

Or, l'explication a valeur plutôt subjective.

« Expliquer c'est, en effet, essentiellement épuiser une curiosité. Aux les explications varient-elles avec les époques, les âges et les milieux. Les enfants se contentent de peu, un mot en général leur suffit, et il est bien des adultes qui sont enfants en cela ; mais d'autres sont plus difficiles, et il en est même qui ne sont jamais satisfaits ; c'est la caractéristique de certains philosophes.

« Pour un grand nombre d'esprits, dans notre civilisation contemporaine, expliquer ce sera rendre les phénomènes « intelligibles », en ramenant l'inconnu au connu, l'inhabituel au familier : ce sera, par exemple, donner, de faits non directement accessibles à l'observation, un schéma construit

avec des données sensorielles courantes, tel qu'un modèle mécanique de l'atome, pour ceux qui ne sont satisfaits que par des représentations concrètes, visuelles ou tactiles ; ou bien ce sera réaliser une systématisation mathématique cohérente, une expression des phénomènes par des systèmes adéquats d'équations, pour ceux, beaucoup plus rares, dont l'éducation et le type intellectuel ont fait des abstraits. » (244, p. 115-117).

Une fois ces prémisses posées, on comprend mieux les oppositions, qui tiennent à des différences de constitution mentale et d'imprégnation collective entre matérialistes et spiritualistes, entre mécanistes et vitalistes.

« Scientifiquement, il n'est nullement nécessaire d'être vitaliste ou mécaniste, d'adopter un système philosophique d'explications susceptibles de satisfaire subjectivement une curiosité, qu'il est dans l'intérêt de la recherche de voir inassouvie. Comme ferment affectif de travail une conviction peut être utile ; la conviction mécaniste ou vitaliste dominera, suivant les influences sociales et suivant le terrain mental. Mais le mécanisme apparaissant surtout comme un facteur de recherche hardie, comme un moteur, le vitalisme comme un facteur de contrôle timoré, comme un frein, je crois, sans méconnaître l'utilité éventuelle du contrôle qui réfute les anticipations erronées ou réfrène les audaces excessives, que la diffusion du mécanisme doit être favorisée, dans l'intérêt de la science. Il a, à son actif, les plus belles découvertes de la biologie, il vérifie progressivement de nouvelles hypothèses de travail, il étend constamment son domaine scientifique, il se montre le plus fécond, donc le plus vrai. » (*Idem*, p. 125-126).

2° Cerveau et Pensée (5).

Si l'on envisage les rapports des phénomènes conscients avec les phénomènes physiologiques, on se rend compte qu'on a affaire à deux séries irréductibles, d'où le principe dit du « parallélisme », destiné à rendre compte des interrelations indéniables de ces deux séries.

Mais, si l'on fait abstraction du point de vue de la conscience qui est celui du solipsisme, si l'on envisage la psychologie comme la science du comportement, si l'on étudie la pensée comme un système de réactions, il n'y a plus aucune hétérogénéité essentielle entre le phénomène mental et le processus physiologique. On peut donc tenter de déterminer les mécanismes nerveux qu'impliquent les réactions mentales, problème purement scientifique et qui ne comporte aucune croyance métaphysique. Et j'ai tenté de montrer combien aujourd'hui psychologie et physiologie se sont réellement et utilement rapprochées.

« Peu à peu l'on arrive à se dégager des concepts figés de la psychologie traditionnelle, plus soucieuse jusqu'ici de reconstruire l'homme tel qu'il devrait être, d'après les exigences de la logique et la morale, que de l'ana-

lyser comme une donnée de fait, d'après les méthodes des sciences de la nature ; on renonce en général aujourd'hui à s'hypnotiser sur l'insoluble problème de la conscience pour se borner au point de vue objectif de l'analyse des faits communicables, enregistrables, et susceptibles d'enrichir le patrimoine social ; et l'on construit une science psychologique, d'esprit dynamique, qui s'intègre dans le groupe des sciences biologiques.

« Cette psychologie détermine les lois de l'activité globale des organismes, dans leurs rapports avec le milieu ; grâce à ce merveilleux instrument de réactions fines qu'est le langage, la psychologie humaine peut étudier des phénomènes très menus, peut pénétrer le détail d'une activité extraordinairement complexe. En revanche, la physiologie, qui s'attaque aux mécanismes nerveux engendrant les réactions que le psychologue observe, ne peut atteindre les détails. Toutefois ses progrès sont immenses.....

« L'étude physiologique rejoint bien l'analyse psychologique en mettant en évidence par ses moyens propres des phénomènes qui sont identiques à ceux que l'étude mentale nous fait connaître d'autre part. Quand Graham Brown montre que l'excitation préalable d'un point du cortex facilite l'excitation des points voisins ou l'excitation immédiatement consécutive du même point, il a affaire au même phénomène, que nous connaissons bien, de l'abaissement du seuil de la sensation par une excitation préalable ou simultanément associée, que nous appelons un phénomène d'attention spontanée. Les renforcements et inhibitions qui constituent l'attention sont des données très générales de physiologie nerveuse. » (5, p. 325-326).

TITRE III

L'Evolution psychophysiologique

1° *Tropisme, Réflexe, Instinct* (3, 6, T. II. — 101 ; 125 ; 166 ; 212 ; — 30 ; 50 ; 62).

Lorsque Loeb prétendit ramener les réactions élémentaires des organismes à des mécanismes physico-chimiques relativement simples, sa con-

ception eut un grand succès, car elle répondait aux aspirations antivitalistes de la plupart des biologistes. Malheureusement les critères des « tropismes » donnés par Loeb ne me parurent jamais réalisés quand, observant les faits avec le désir d'en élucider les mécanismes, et avec sympathie pour les efforts de Loeb, mais aussi avec le souci de ne pas laisser déformer ma représentation des phénomènes par des conceptions doctrinales, je me trouvai en présence des « tropismes » les plus caractérisés et que j'en pus constater l'extrême complexité.

Discutant cette question des tropismes au Congrès de Psychologie de Genève, en 1909 (après l'exposé des rapports de Loeb, Bohn et Jennings), j'exprimai toutes les réserves qui me paraissaient s'imposer : « La conception du tropisme de M. Loeb est d'une extrême et, au premier abord, bien séduisante simplicité, disais-je : un animal symétrique reçoit des excitations d'inégale intensité sur les deux côtés de son corps, il en résulte une différence d'activité musculaire de ces deux côtés et un changement de l'axe d'orientation jusqu'à ce que la symétrie soit réalisée dans l'intensité des excitations : un papillon se trouve proche d'une source de lumière et son œil droit est plus éclairé que le gauche, la dissymétrie des mouvements qui en résulte entraîne un changement dans la direction des mouvements, et le papillon, se dirigeant vers la lumière dont il reçoit cette fois symétriquement l'excitation, atteint cette source et s'y brûle.

« Est-ce que, dans la réalité, les choses se passent avec cette régularité absolue, telle qu'on puisse établir une trajectoire précise comme pour un grain de limaille de fer attiré par des aimants ? On a prétendu établir de ces trajectoires mathématiques, mais on n'en montre jamais, on invoquant, pour expliquer l'insuccès, mille perturbations très plausibles. »

Lorsque l'animal s'oriente, sous l'influence d'une excitation dissymétrique, il doit d'ailleurs faire intervenir la « sensibilité différentielle » notion complémentaire, mais vague et destinée à rendre compte des faits opposés au critère de la simple dissymétrie. « Dès lors, disais-je encore, on ne devrait à peu près jamais rencontrer de tropismes purs, et, de fait, la place accordée aux tropismes purs diminue constamment, elle tend vers zéro et je ne sais si elle n'arrivera pas effectivement à s'annuler. Dira-t-on que les papillons ou les éphémères que nous voyons voler en foule certains soirs autour des globes électriques de Genève, près du lac, possèdent un phototropisme positif ? Non, certes, car le critérium du tropisme, c'est que, si l'animal est soumis à deux forces d'orientations différentes, il s'oriente entre les deux et n'en atteint aucune, parce qu'il ne peut choisir. Or, comme il y a plusieurs globes électriques, nous devrions voir des tourbillons entre ces globes, mais jamais autour de chacun d'eux... »

Et je concluais : « N'est-il pas contraire à l'intérêt de la science que de se contenter d'une explication fautive pour se hâter d'avoir une explication simple. Si le champ du tropisme, au sens étroit accordé par les théoriciens à ce terme, se restreint sans cesse, qu'on soit bien convaincu que ce n'est

qu'aux dépens d'un certain simplisme que se fera ce resserrement, non aux dépens du déterminisme » (62, p. 340-341, 343).

Depuis lors, je suis revenu à maintes reprises sur la question, proposant de ne pas lier le mot de tropisme à une théorie et de désigner sous ce nom des réflexes d'orientation d'un caractère tonique.

Dans la classification des actes des animaux, j'ai distingué les actes réflexes, les actes instinctifs et les actes intelligents, mais en montrant tout ce que ce classement avait d'arbitraire et d'artificiel, la complexité croissante des phénomènes réactionnels apparaissant bien continue, sans véritables coupures.

« On doit se convaincre qu'entre un réflexe typique, et un instinct indéniable, il y a tous les intermédiaires, la continuité naturelle se jouant de nos divisions arbitraires. Lorsqu'on excite électriquement la patte sauteuse d'un Acridien et qu'il l'autotomise, c'est bien un réflexe, réaction simple, suivant toujours l'excitation, sans influence des circonstances extérieures ; lorsqu'une araignée construit une toile sur un modèle identique à celui de tous les autres individus de la même espèce, mais en s'adaptant aux circonstances, on ne peut plus parler de réflexe, mais on a incontestablement affaire à un instinct. Seulement, quand la grenouille décérébrée essuie avec sa patte la goutte d'acide qu'on a placée sur son dos, et, lorsqu'on immobilise cette patte, tente de recommencer avec l'autre, s'agit-il d'un réflexe complexe ou d'un instinct élémentaire ? Peu importe, semble-t-il, car instinct élémentaire et réflexe compliqué peuvent se confondre... »

« D'une manière générale, on considérera l'instinct comme une tendance innée à des catégories d'actes spécifiques, atteignant d'emblée et sans expérience préalable leur summum de perfection, se déroulant dans certaines conditions de milieu et présentant une dépendance relative vis-à-vis des circonstances, mais trop rigides, sinon dans les détails, du moins dans les grandes lignes pour comporter une adaptation plastique à des facteurs nouveaux.

« Une Epeire tisse sa toile en la variant un peu suivant les points d'appui qu'elle peut trouver, mais en conservant le dessin général de la trame ; contrainte de s'installer dans un milieu inhabituel où une autre forme de toile conviendrait mieux, elle ne s'adaptera pas à ces circonstances nouvelles et mourra de faim. Si la plasticité devient considérable, on pourra parler alors d'intelligence ; si elle est nulle, on devra parler de réflexes. » (6, T. II).

J'ai tenté de montrer qu'aucun des critères absolus de différenciation qu'on avait pu proposer n'était en réalité utilisable, tant au point de vue de la conscience qu'à celui de la finalité (montrant en particulier qu'il se manifeste des instincts nuisibles à l'espèce et entraînant parfois, plus ou moins vite, son extinction, chez les fourmis, par exemple, que j'ai particulièrement étudiées, et pour lesquelles j'ai montré le passage des instincts esclavagistes aux instincts parasitaires).

Mes critiques à l'interprétation donnée par Loeb des faits de tropisme sont à l'heure actuelle devenues banales : En s'adressant aux observations classiques qui ont fourni le fondement de la théorie, mais en prenant des précautions permettant de suivre exactement les faits, on a pu établir, à maintes reprises, que les assertions de Loeb et de certains de ses élèves étaient inexactes, et que les actes complexes des animaux à symétrie latérale s'orientant par rapport à une direction donnée d'excitation ne paraissent aucunement s'expliquer par la simple dissymétrie des mouvements immédiatement engendrés, en dehors même de la participation du système nerveux, par la dissymétrie des excitations sur les deux côtés du corps (Bérrens de Haan, Deegener, Manquist, Rahmad, Mast, etc.).

2° *L'évolution psychique. Utilisation du passé et anticipation* (3 — 54 ; 55 ; 60 ; 61 ; 102 ; 106 ; 112 ; 116 ; 117).

Si l'on envisage l'évolution des organismes au point de vue de leur comportement, on constate une complexité de plus en plus grande dans l'élaboration des réactions, une utilisation de plus en plus complète de l'expérience individuelle pour la direction ultérieure de la conduite.

L'utilisation de l'expérience individuelle pour une modification du comportement qui ne se montre pas quelconque, mais qui a un caractère adaptatif, c'est-à-dire la mémoire, se rencontre déjà chez les animaux inférieurs et j'ai tâché de tracer l'évolution des phénomènes mnémoniques (3). Mais ce qui me paraît tout à fait capital dans l'évolution, c'est la réaction anticipée, dont le mécanisme est celui même étudié par la physiologie sous la forme du réflexe conditionnel.

« L'accroissement de la mémoire, en étendue et surtout en précision, permet à l'animal de réagir, dans le présent, avec une adaptation plus parfaite. L'établissement d'associations, de liaisons plus complètes entre les phénomènes consécutifs permet en outre, fait capital, l'apparition de processus d'anticipation grâce auxquels un organisme peut réagir vis-à-vis d'une influence utile ou nuisible, non plus seulement lorsque s'exerce cette influence, mais avant même, dès qu'un signe, précurseur habituel, s'est manifesté. Un tel phénomène, dont j'ai trouvé des traces chez les invertébrés inférieurs comme les actinies et qui doit exister plus ou moins net chez tous les êtres vivants, nous donne la caractéristique essentielle du progrès évolutif du psychisme : la *prévision*.

« C'est en effet à une prévision de plus en plus sûre, de plus en plus lointaine, qui étend immensément le champ de l'activité, que conduit la connaissance plus parfaite et l'utilisation du passé. Et c'est à cela que se ramène le propre de notre activité mentale que nous considérons à juste titre comme placée au sommet de l'évolution psychique, tandis que l'homme ne représente certainement pas le terme le plus élevé de l'évolution morphologique. » (102, p. 309).

J'ai montré qu'il existait, dans les persistances rythmiques, une forme

élémentaire de l'anticipation, en tant que le comportement possède, dans son adaptation, une certaine indépendance vis-à-vis de l'action immédiate des facteurs actifs du milieu.

Il semble qu'il n'y ait à aucun moment, dans l'évolution, apparition de phénomènes réellement nouveaux, mais simple développement en perfection et surtout en complexité, de propriétés décelables dans la matière vivante, la plus simple qui nous soit accessible.

Et la propriété, qui reste encore irréductible en fait aux lois physico-chimiques, et qui me paraît fondamentale chez les êtres vivants, c'est la sélection physiologique des réactions, la sélection adaptative.

« Les actes nuisibles tendent à ne plus se reproduire chez un individu, comme les individus dont les actes sont généralement nuisibles tendent à disparaître, sans se reproduire. Mais cette fois, on ne se trouve plus en présence d'un fait aussi banal et aussi nécessaire que celui de la sélection, qui recouvre presque une tautologie. Un acte ne peut être comparé à un être, et ce n'est pas à lui-même qu'un acte est nuisible, c'est à l'individu qui l'effectue. Et c'est là encore qu'on pourra reparler de force vitale ou d'harmonie. Mais il n'est certes pas absurde de penser que les propriétés chimiques soient telles, dans le protoplasme vivant, qu'une réaction négative, sous sa forme la plus simple, une contraction, un retrait, tende à se développer vis-à-vis d'un facteur ayant pour effet de diminuer la vitalité du protoplasme, c'est-à-dire de réduire ses échanges, de modifier, dans le sens d'une diminution, son équilibre chimique. Si l'on admet une telle propriété, bien hypothétique certes, mais qui n'est pas incompatible avec ce que nous permet de prévoir l'état actuel, bien complexe, de la physicochimie, on peut comprendre, non plus seulement l'apparition, mais la conservation, le progrès de la vie. » (102, p. 301).

SECTION B

Psychophysiologie des sensations

TITRE I

Le temps de latence des sensations Son analyse, ses lois

1^o *Temps de réaction et intensité d'excitation. La phase de latence sensorielle* — (146 ; 147 ; 157 ; 161 ; 162).

En m'occupant de la technique d'étude des temps de réaction je m'étais préoccupé de l'influence des intensités d'excitation. Wundt avait signalé que la variation des temps se faisait en raison inverse des intensités et d'autant plus vite qu'on était plus près du seuil ; il échouait dans un essai de vérification d'une loi logarithmique proposée par Exner peu après l'apparition des « Principes de Psychophysique » de Fechner.

Depuis lors, et tout récemment encore, on a prétendu vérifier cette loi logarithmique ; d'après certains auteurs, la vitesse de réaction fournirait une mesure de l'intensité de la sensation et une vérification de la loi de Fechner. J'ai, soit dit en passant, montré que cette assertion n'était exacte, ni en droit, ni en fait, et en me fondant sur les chiffres mêmes obtenus par ces auteurs.

Pour rechercher quelle était la loi exacte de variation des temps, je m'adressai aux excitations tactiles avec un appareil spécialement construit à cet effet, et constatai que les temps de réaction tendaient vers une limite irréductible qu'on peut appeler K , et que la partie réductible du temps était inversement proportionnelle à l'intensité excitatrice, avec une constante de proportionnalité a indiquant la grandeur maxima au seuil (dont l'intensité est faite égale à f) de ce temps réductible.

« En inscrivant les intensités en abscisses (en multiples du seuil de base

pria pour unité) et les temps en ordonnées, la décroissance des temps se faisait suivant un fragment d'une branche d'hyperbole équilatère asymptote à l'axe des y et à une parallèle K à l'axe des x . En d'autres termes, les temps t tendraient vers l'infini pour des intensités i tendant vers 0, et en fait, deviennent réels et mesurables en franchissant l'ordonnée 1 correspondant au seuil de base, ayant à ce moment une valeur a et tendent, d'autre part, vers une limite inférieure, vers un temps constant k quand les intensités augmentent indéfiniment. Près de la limite inférieure, on peut évidemment doubler ou tripler les intensités sans remarquer de décroissance appréciable des temps, ce qui explique que certains auteurs, se plaçant trop loin du seuil, aient nié cette décroissance. » (217, p. 292).

Cette loi simple se montra valable, non seulement pour les résultats obtenus chez des sujets différents, mais pour d'anciens résultats, par exemple pour des mesures de Késlow. Elle s'appliquait encore aux autres modes d'excitation cutanée, d'après mes recherches ultérieures (excitation thermique, chaude ou froide; excitation électrique itérative par courant interrompu) et à l'excitation lumineuse dans l'état d'adaptation de l'œil à la lumière (fixation fovéale, lumière blanche ou rouge).

En revanche, avec d'autres sensations, la décroissance initiale se montrait tantôt plus lente et tantôt plus rapide. En passant de l'intensité liminaire au double de cette intensité, la phase réductible du temps est tantôt ramenée à moins de moitié de sa valeur initiale, et tantôt n'est pas même ramenée à moitié. Il fallait employer des formules d'interpolation différentes, les temps réductibles étant inversement proportionnels à une puissance de l'intensité supérieure ou inférieure à 1.

D'autre part, la marge réductible du temps était très différente suivant les sensations, allant de moins d'un dixième de seconde à près de trois secondes (1). Ces différences me conduisirent à penser, d'une part, que la partie réductible du temps concernait surtout la phase centripète de l'excitation, c'est-à-dire le temps de latence de la sensation qu'il était possible d'étudier par cette méthode, d'autre part que, dans cette phase centripète, c'était la durée nécessaire pour le déclenchement périphérique d'influx nerveux qui devait tenir la plus grande place.

J'entrepris dès lors des recherches pour vérifier cette hypothèse et tenter l'analyse du temps de latence sensorielle (2).

(1) Victor Henri et Larguier des Bancels avaient cru trouver chez les Cyclopes irradiés par l'ultra-violet un nouveau type de temps de réaction parce que ce temps était très grand au seuil, ce qui indiquait une part importante de la phase périphérique. Je n'eus pas de peine à montrer qu'en réalité les phénomènes étaient identiques chez l'homme avec les excitations lumineuses.

(2) Une objection d'ordre expérimental m'a été faite par Woodrow (*Psych. Review*, 1915, p. 6).

Cet auteur a mesuré des temps de réaction à des cessations d'excitations lumineuses et auditives, et a constaté, surtout pour les premières, des temps beaucoup plus longs lorsque

2° Les lois de variation des temps de latence ; le rôle des marges d'excitabilité des sensations (159 ; 162 ; 205 ; 206 ; 207 ; 217 ; 236 ; — 62, Société de Biologie, 24 janvier 1914, p. 131-133).

Une étude des sensations lumineuses (par excitation exclusive des cônes ou des bâtonnets), des diverses sensations cutanées, des sensations auditives (de bruit et de son), des quatre catégories de sensations gustatives ; une recherche sur certains réflexes — ce qui élimine toute interprétation proprement psychologique de la loi telle que Wundt en voulait établir — l'utilisation de valeurs numériques obtenues chez des animaux pour des réactions globales du comportement ou pour des réflexes, me permirent d'établir une loi générale commune en utilisant un type unique de formule d'interpolation, l'équation d'hyperbole $t = \frac{a}{i+b} + K$.

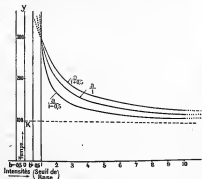


FIGURE 1.

L'allure générale de la décroissance des temps de réaction pour trois valeurs de la constante b (+ 0,5; 0; - 0,5).

Les lois particulières diffèrent, suivant que b a une valeur nulle (branche d'hyperbole asymptote à l'ordonnée et à une abscisse élevée de k au-dessus de

l'excitation est faible, juxtaposée, que quand elle est forte, les variations étant de même ordre que pour les réactions aux excitations elles-mêmes.

Or, dit-il, la cessation d'une excitation se fait d'autant mieux et d'autant plus vite qu'elle est plus faible, malheureusement, cette dernière assertion est erronée, et la persistance est au contraire d'autant plus longue que l'excitation est plus faible, tout comme l'établissement de la sensation ; le retard de disparition est symétrique du retard d'apparition (Voir Titre III).

l'origine), une valeur positive (branche d'hyperbole asymptote à une ordonnée située à gauche de l'origine et à k , décroissance initiale lente), ou une valeur négative (branche d'hyperbole asymptote à une ordonnée située à droite, entre l'origine et la valeur $+1$ et à k , décroissance initiale observable rapide). L'écart moyen entre chiffres observés et chiffres calculés pour toutes les comparaisons est d'environ 2,3 p. 100 (30 séries de mesures personnelles, avec 227 valeurs moyennes et environ 4.000 déterminations numériques).

Un fait curieux réside dans la différence marquée des types de décroissance des diverses sensations gustatives (1) : pour le sucré et le salé, les temps réductibles sont inversement proportionnels à $i - b$ (décroissance initiale rapide à partir du seuil); pour l'acide et l'amer à $i + b$ (décroissance initiale lente).

J'ai vérifié que la loi était la même pour l'excitation sucrée avec deux corps aussi différents que le saccharose et la saccharine (sulfamide benzoïque) d'action environ 250 fois plus intense.

Remarquant que les deux saveurs à décroissance initiale rapide ont une faible marge d'excitabilité (intensité liminaire relativement peu éloignée de l'intensité pratiquement maximale) et que les deux autres ont une marge énorme, j'ai été conduit à formuler la proposition empirique suivante, dont l'interprétation n'est pas encore donnée :

« La rapidité de décroissance initiale des temps de latence des sensations en fonction de l'intensité croissante des excitations est relativement faible pour les sensations à grande marge d'excitabilité, elle est grande ou très grande pour les sensations à faible marge d'excitabilité. » (159, p. 78).

Cette proposition s'est encore vérifiée en comparant la décroissance des temps pour l'excitation lumineuse dans l'adaptation à l'obscurité (excitation des bâtonnets) et l'adaptation à la lumière (excitation des cônes) (2).

J'ai été amené à discuter l'interprétation que Kaufmann et Steinhausen ont donnée de la loi (en faisant, des constantes a et b , des indices du pouvoir de sommation, d'une part, et de la sensibilité de la substance nerveuse, d'autre part); mais l'accord sur la loi elle-même que j'ai encore trouvée appli-

(1) Les contradictions des auteurs étaient très marquées au sujet des temps de réaction aux excitations du goût; elles s'expliquent aisément quand on tient compte de l'influence considérable des intensités excitatrices. Avec des intensités assez fortes, les temps sont du même ordre de grandeur que pour les autres sensations, et se montrent homogènes pour les diverses saveurs.

(2) J'ai pu vérifier qu'en assurant la fixation fovéale — et l'on sait que la fovea ne comporte que des cônes —, même dans l'adaptation à l'obscurité, on retrouvait la loi caractéristique de l'excitation dans l'état d'adaptation à la lumière.

En 1921, dans le *Pflüger's Archiv*, a paru un intéressant travail de Kaufmann et Steinhausen, qui a porté sur la loi des variations du temps de latence des réactions en fonction des intensités d'excitation, d'une part pour l'excitation chimique par différents corps de la peau de la grenouille décérébrée, d'autre part pour l'excitation douloureuse par la chaleur de la peau de l'homme, avec réaction volontaire ou réflexe (chez un hémiplégique).

Ces auteurs, sans connaître mes recherches, sont arrivés à dégager la même loi hyperbolique.

cable, entre autres déterminations, à celles de M. et Mme V. Henri sur l'irradiation ultra-violette des Cyclops, crustacés inférieurs qui réagissent à l'excitation par des mouvements caractéristiques ; à celles de Hecht sur une Ascidie, *Clona intestinalis*, réagissant à une excitation lumineuse par une rétraction des siphons, et un Lamellibranche, *Mya arenaria* dont le comportement est analogue ; et enfin à celles de Moore et Cole sur un coléoptère, *Popilia japonica*, m'a conduit à conclure ainsi mon mémoire de 1922 :

« Il ressort de ces nouvelles recherches que notre loi de l'hyperbole — loi globale résultant de processus distincts soumis aussi à des lois hyperboliques — a bien une très grande généralité. Et nous trouvons, dans le travail de Kaufmann et Steinhausen, une nouvelle preuve de ce fait que — aussi bien quand il s'agit de réactions volontaires de l'homme que quand il s'agit de réflexes chez les vertébrés — et, nous l'avons vu, quand il s'agit même de réactions d'invertébrés — la loi qui régit les rapports de la latence de la réception — qu'il y ait ou non sensation — avec l'intensité excitatrice, est la même. Comme la loi dite psychophysique, cette loi est une loi physiologique qui s'impose à la psychologie. » (236, p. 142).

3° L'analyse du temps de latence de la sensation lumineuse (224 ; 225 ; 226 ; 236).

Pour l'excitation électrique cutanée par fermeture, je trouvais que le temps réductible était inversement proportionnel à $i - b$.

Or, c'est là une expression de la loi même de Hoorweg-Weiss, qui relie la durée à l'intensité de l'excitation électrique des nerfs moteurs nécessaire pour atteindre le seuil de la réaction musculaire et d'après laquelle, au seuil, la quantité d'électricité (it) est égale à une constante, plus un produit d'une deuxième constante par le temps : $it = a + bt$.

Cette loi, retrouvée par Blondel et Rey pour exprimer la variation, en fonction du temps, de la quantité d'excitation lumineuse nécessaire pour atteindre le seuil de la sensation, donnait à penser que la plus grande latence de la sensation, au seuil, tenait à la durée plus grande de sommation pendant laquelle les effets de l'excitation s'accumulent, ce qui vérifiait mon hypothèse sur le rôle de la phase périphérique de l'excitation.

Dès lors, je repris l'étude de la variation d'énergie liminaire corrélative du temps d'action (voir titre II) et d'autre part éliminai pratiquement cette influence de la durée de sommation en utilisant des excitations assez brèves. J'obtins alors des marges diminuées des temps réductibles, mais non annulées, et d'autres types de décroissance. En utilisant des excitations différentielles (accroissements locaux de luminosité) qui me permirent d'éliminer

pratiquement les retards périphériques, j'obtiens des marges encore diminuées et des types bien définis de décroissance.

Je pus ainsi faire la part de trois éléments dans le temps de latence.

« L'analyse des temps de réaction à l'excitation lumineuse nous a montré que la marge de variation (différence du temps maximal au seuil et du temps minimal se confondant avec la constante k) comprenait une partie périphérique, de beaucoup la plus considérable lorsque l'excitation a une durée indéfinie, et une partie non périphérique, représentant les retards réductibles de franchissement des synapses, dont la marge ne paraît pas dépasser cinq centièmes de seconde.

« Comme les marges totales de variation dépassent parfois la seconde, on comprend que la phase périphérique joue le plus grand rôle dans la durée réductible de la latence sensorielle en excitation indéfinie, conformément à l'hypothèse émise dès le début de ces recherches.

« Mais, pour l'excitation lumineuse, on distingue dans la phase périphérique deux processus distincts : 1° un processus d'excitation des éléments récepteurs par la lumière ; 2° un processus d'excitation du nerf consécutive à celle des éléments récepteurs.

« Le premier processus apparaît comme un processus photochimique, et le temps d'action liminaire (temps pendant lequel les effets des radiations s'ajoutent jusqu'à franchir le seuil d'excitabilité générale) décroît au fur et à mesure que l'intensité d'excitation augmente, de telle manière que le produit de l'intensité par le temps, ou quantité d'énergie nécessaire pour atteindre le seuil, soit d'autant moindre que la durée d'excitation est plus brève, ceci entre deux limites de temps, une limite supérieure de sommation et une limite inférieure, d'après les résultats de notre série de recherches.

« La décroissance de ce temps d'action se fait approximativement en $\frac{a}{i-b}$, et la forme de cette loi s'imprime souvent dans la décroissance des temps de réaction à une excitation indéfinie.

« Mais le second processus qui implique l'excitation du nerf — par un mécanisme que nous ne cherchons pas à analyser ici — consécutive à la transformation photochimique, entraîne un retard supplémentaire, une latence de l'excitation supérieure à la durée d'action liminaire de la lumière, la seule qui soit à notre disposition. Or, la décroissance de ce retard supplémentaire quand l'intensité d'excitation croît, paraît se faire suivant une loi, de type $\frac{a}{i+b}$, du moins pour l'excitation des bâtonnets rétinien chez l'homme et pour l'excitation lumineuse de la Mye d'après les résultats de Hecht.

« La décroissance des retards réductibles du franchissement des synapses (processus non périphérique) se fait enfin suivant une loi pour laquelle semble convenir le type $\frac{a}{i}$.

« Comme la décroissance globale, en excitation lumineuse indéfinie, de

la partie réductible du temps de réaction, résulte de la décroissance de durée de ces trois éléments, on comprend que la loi générale se rapproche du type moyen en a sur i , en s'inclinant, suivant les conditions expérimentales, vers l'un ou l'autre des deux types opposés (en $+b$ ou $-b$). n .

4° *L'analyse du temps de latence d'après les durées limites de masquage*
(242 ; 243 ; 244).

Etant donné que la latence d'une sensation est d'autant plus brève que l'intensité d'excitation est plus grande, on pouvait prévoir que si, un temps convenable après une excitation lumineuse d'une certaine intensité, on produit dans la même région rétinienne une excitation beaucoup plus intense, cette dernière, rattrapant la première avant son arrivée à l'écorce, la masquera et empêchera de la percevoir. Et d'ailleurs d'anciennes expériences d'Exner avaient déjà mis ce fait en évidence (1).

En employant un rayonnement lumineux très intense, on réduit pratiquement le temps de latence à sa durée constante, irréductible. Si l'on emploie, au contraire, une excitation juste suffisante pour atteindre le seuil de la sensation, on suscite un temps de latence allongé à sa valeur maxima, par addition au temps constant de la durée réductible dans sa totalité.

La différence des deux temps de latence donne donc la valeur de la durée réductible, et on obtient alors celle-ci en déterminant la durée limite de l'intervalle entre les deux excitations juste compatible avec le masquage de la première.

De plus, en augmentant progressivement l'intensité de la première excitation, on peut suivre la décroissance corrélatrice du retard réductible.

Dans ce retard intervient, si l'excitation est de durée indéfinie, la période de sommation au cours de laquelle les effets de l'excitation s'ajoutent jusqu'à atteindre le seuil, ou temps d'action de la lumière. Mais le temps d'action peut être réduit jusqu'à devenir négligeable quand on limite la durée de l'excitation.

Avec des excitations de durée variable, on constate que le retard réductible pour une excitation liminaire est toujours supérieur au temps d'action d'environ 50 « au moins, ce qui signifie que, lorsque l'accumulation des

(1) Lorsque les excitations successives se produisent en des points différents de la rétine, on peut, comme je l'ai vérifié, provoquer une impression de simultanéité, ou bien de mouvement apparent, ou enfin, de succession en sens inverse de la succession réelle si l'on fait suivre l'excitation faible par l'excitation plus intense, en rapport avec la différence des intensités et le niveau de la plus faible, ce qui établit nettement le caractère essentiellement relatif de la simultanéité psychologique.

effets photochimiques est suffisante pour que le seuil d'excitabilité du nerf soit franchi, c'est-à-dire pour que les produits de la réaction photochimique réussissent à déclencher l'influx nerveux, il y a un retard supplémentaire d'environ un vingtième de seconde.

Mais, avec une intensité objective plus forte et un temps d'action moindre, au seuil d'excitabilité, le retard d'excitation du nerf se montre notablement plus grand, et atteint, pour les temps d'action les plus brefs, environ 150 μ , soit le triple.

Cela signifie que, étant donnée une réaction photochimique dont la grandeur est juste suffisante pour atteindre le seuil, l'excitation du nerf par les produits engendrés de la réaction exige une sommation d'effets pendant un temps qui dépasse un dixième de seconde ; mais si la réaction photochimique liminaire dure un certain temps, cette action secondaire débute avec les produits déjà engendrés au cours même de cette réaction, en sorte que le dépassement, sur le temps d'action de la lumière, du retard total, diminue à mesure que ce temps d'action augmente, jusqu'à une certaine limite, qui donne la valeur du dépassement liminaire absolu.

D'autre part, avec une durée très courte d'excitation, en changeant la surface excitatrice, on modifie le seuil :

Du fait de l'augmentation de sensibilité par sommation en fonction de l'accroissement de surface, les intensités correspondant au seuil sont d'autant plus grandes que la surface est plus petite. Or, si l'on compare les intervalles limites de masquage à intensités objectives égales, on constate que les valeurs obtenues avec une surface moindre, quand cette intensité est liminaire, dépassent les valeurs correspondantes (obtenues par interpolation) avec surface plus grande, l'intensité étant alors supra-liminaire (évaluée en multiples du seuil), d'une quantité analogue (30 μ environ).

Comme les processus engendrés dans chaque élément récepteur, ici dans chaque cône (réaction photochimique et excitation de nerf) sont fonction de la quantité d'énergie lumineuse reçue par cet élément, sans influence de celle qui est reçue par les éléments voisins, la sommation ne s'effectuant qu'ensuite, on comprend que les valeurs exprimant l'intervalle limite de masquage dépendent toujours de la grandeur objective de l'intensité d'excitation, indépendamment de la surface rétinienne, du nombre d'éléments récepteurs excités. Mais, pour le franchissement des synapses et l'excitation des neurones corticaux, au contraire, c'est l'intensité de l'influx résultant de la sommation plus ou moins complète des excitations périphériques partielles qui intervient, et par conséquent la grandeur de l'intensité physiologique (la valeur liminaire constituant l'unité) joue alors son rôle.

Cela permet de déterminer la valeur maxima, au seuil, du retard réductible relevant du franchissement des synapses (la vitesse de propagation paraissant bien être constante le long des fibres de chaque neurone) : cette valeur maxima est égale à la différence entre l'intervalle limite de masquage

liminaire et l'intervalle supraliminaire (avec surface plus grande) pour une même intensité objective.

Nous pouvons ainsi, en tenant compte du temps d'action et du retard de propagation, fixer à un dixième de seconde la durée liminaire de la période de sommation au cours de laquelle les produits de la réaction photochimique accumulent leur action jusqu'à atteindre le seuil d'excitation du nerf.

Et nous avons pu déterminer les constantes propres de la décroissance hyperbolique de ce temps, ainsi que du retard dans le franchissement des synapses. Or, tant pour les valeurs des différentes phases que pour les lois propres de la décroissance, nous retombons très exactement sur les résultats de notre étude des temps de réaction en éliminant cette fois les oscillations de la constante K .

L'accord de données obtenues par des méthodes aussi différentes, apporte une sérieuse garantie de validité à nos résultats.

TITRE II

Les lois de variation de l'énergie liminaire dans l'excitation de la rétine

1° Énergie liminaire et durée d'excitation (215).

D'après la loi de Bunsen-Roscoe, l'énergie nécessaire pour obtenir un effet photochimique donné est constante, quelle que soit la durée d'action de la lumière. Cette loi, qui a été trouvée valable pour les phototropismes végétaux et les réactions des Invertébrés à la lumière, coïncide avec la loi de A. Bréguet et Ch. Richet et de Bloch pour la vision, celle-ci n'étant vraie que jusqu'à une certaine limite de la durée d'excitation. Mais, en réalité, pour les phénomènes photochimiques il y a une variation d'énergie complexe, et l'étalement sur une durée plus longue entraîne une perte, de même que pour l'excitation électrique des nerfs. Or, les recherches de Blondel et Rey sur la vision des lumières brèves ont montré qu'il fallait substituer à la loi de Bloch, et sans limite de sommation, une loi de forme linéaire, qui n'est autre que

celle de Hoorweg-Weiss (en remplaçant la « quantité d'électricité » par la « quantité de lumière »).

Cependant, conformément aux résultats de Lapicque sur le nerf, Grijs et Noyons, en ne s'adressant qu'aux temps très courts (0,073 à 7 s) d'excitation lumineuse, avaient constaté que l'énergie liminaire passait par un minimum.

Conduit par mes recherches sur les temps de latence des sensations à déterminer le rôle des temps d'action, j'ai repris cette question de la relation de l'énergie liminaire (produit de l'intensité d'excitation par sa durée) avec le temps d'action : Je me suis adressé d'abord à la vision fovéale, en tenant compte de l'état d'adaptation de l'œil.

La variation de l'énergie se montre la même pour l'excitation des cônes de la fovéa dans les deux états d'adaptation de l'œil, à quoi on pouvait s'attendre.

Dans les deux cas, il existe bien une limite de sommation au delà de laquelle l'intensité liminaire ne s'abaisse plus si l'on augmente le temps d'action, sauf par changement d'adaptation le cas échéant, mais cette limite,

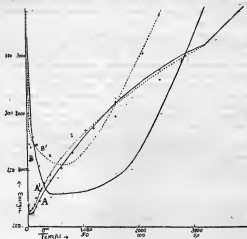


FIGURE 2.

représentation de la variation d'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation (en abscisse) pour les cônes fovéaux dans l'adaptation à la lumière (A et B) ou à l'obscurité (A' et B'). Les courbes B et B' constituent les portions initiales, sur une échelle agrandie, de A et A'.

difficile à préciser, est beaucoup plus élevée (environ 3 secondes) que celle qui avait été fixée par Bloch, Charpentier, Mac Dougall (0',20).

Dans une très grande marge, entre 0,1 et 1 ou 2 secondes, la variation est sensiblement conforme à la loi linéaire de Blondel et Rey. Aux temps longs, il se fait un raccord avec la droite partant de l'origine, qui correspond à l'invariabilité de l'intensité liminaire. Aux temps courts, l'énergie passe par un minimum, aux alentours de 20 s. Mais, entre 2 et 80 s, région du minimum d'énergie, l'allure simplifiée de la variation est sensiblement conforme à la loi de Bloch (droite parallèle à l'abscisse). Enfin, aux environs de 1 s se dessine l'ascension de la courbe, l'énergie augmente rapidement pour les temps très courts.

Dans une région périphérique de la rétine, j'ai pu établir la courbe de variation de l'énergie liminaire, pour les bâtonnets d'une part, seuls excités par la lumière bleue dans les conditions d'expérience, et pour les cônes périphériques de l'autre, seuls excités par la lumière rouge.

Avec la lumière rouge, cette courbe est superposable à celle qui a été obtenue, avec la lumière blanche, en vision fovéale. C'est la courbe caractéristique de l'excitation des cônes rétinien, centraux ou périphériques, avec limite de sommation un peu supérieure à 3 secondes, et minimum d'énergie aux environs de 0',030.

Pour la lumière bleue, l'allure générale de la courbe de variation est bien encore la même; c'est la même loi générale qui s'applique donc aux bâtonnets et aux cônes, mais avec des constantes de temps bien différentes: La limite de sommation, pour les bâtonnets, se place aux environs de 0',800, soit une durée 4 fois plus courte que dans l'excitation des cônes; le minimum d'énergie, d'autre part, correspond à une durée d'excitation 10 fois plus brève, environ (0',002 à 0',003); enfin, le minimum d'énergie, par rapport au seuil de base, est notablement plus bas, 3 à 4 fois moindre, ce qui indique que les bâtonnets, après adaptation à l'obscurité, ont une sensibilité supérieure à celle des cônes, d'autant plus que la durée d'exposition est plus brève.

En outre, le processus périphérique d'excitation par la lumière se montre notablement plus rapide pour l'excitation des bâtonnets que pour celle des cônes: la différence des intensités liminaires est plus de 3 fois plus grande à 0',005 qu'à 0',800.

x Energie liminaire et surface d'excitation. Surface et durée (246).*

En déterminant la valeur de l'énergie liminaire de l'excitation pour diverses surfaces rétinien avec des radiations de diverses longueurs d'onde et en diverses régions de la rétine, j'ai constaté que, aussi bien pour les cônes

fovéaux que pour les bâtonnets périphériques (quand les éléments récepteurs sont assez denses), il y avait une surface d'excitation pour laquelle l'énergie liminaire (produit de l'intensité par la surface), passait par un minimum. Quand on envisage le produit de l'intensité liminaire par l'ouverture angulaire (racine carrée de la surface), que plusieurs auteurs déclaraient constant, on trouve qu'il ne cesse de croître quand la surface augmente.

Pour les cônes périphériques, notablement plus dispersés, les conditions de la sommation sont très différentes : il y a une perte relative d'énergie, d'autant plus considérable que la surface d'excitation est plus petite.

En étudiant pour les bâtonnets périphériques et les cônes fovéaux, l'influence de la surface d'excitation sur la variation d'énergie liminaire en fonction du temps, j'ai constaté que, plus la surface était grande, et plus l'économie d'énergie se montrait considérable pour l'excitation de durée optimale, moins le minimum d'énergie était élevé.

Cela semble indiquer que la sommation spatiale se fait mieux pour des durées d'exposition plus courtes, à l'inverse de ce qu'avait déclaré Charpentier, probablement parce que, le réflexe de migration pigmentaire isolant les éléments récepteurs de la rétine n'ayant pas le temps de se produire, la diffusion lumineuse intra-rétinienne augmente l'intensité efficace des plus grandes surfaces d'excitation pour les temps courts.

Des recherches sur les lois de variation de l'énergie liminaire dans l'excitation tactile de la peau et dans l'excitation auditive sont actuellement poursuivies par mes élèves, Mlle Baron et M. Kucharski.

TITRE III

Etablissement et persistance (Couleurs subjectives)

1* *Le mécanisme de production des couleurs subjectives de Fechner-Benham*
(231 ; 245 ; 246).

En 1838, Fechner avait remarqué que, dans la rotation de disques comportant des secteurs noirs dégradés sur fond blanc, il pouvait apparaître des couleurs subjectives ; celles-ci sont rendues très nettes par la disposition

qu'adopta Banham sur son toton chromatique (*"Artificial spectrum top"*) quand il redécouvrit, en 1894, ce phénomène qui, devenu classique, n'a jamais été élucidé.



FIGURE 3.

Disposition du toton de Banham.

Or, une étude systématique des conditions de production m'a permis de pénétrer son mécanisme.

Avec un secteur mobile et d'étendue réglable, portant des fragments d'anneaux noirs sur fond blanc, en faisant varier sa position et sa grandeur, ainsi que la vitesse de rotation et la grandeur respective des secteurs noir et blanc du disque, j'ai pu établir que chaque couleur était conditionnée, à éclaircissement constant, par un retard défini de l'apparition des segments d'anneaux sur la début de l'excitation lumineuse (secteur blanc), et que l'anneau revêtait une couleur moyenne dépendant de son étendue angulaire.

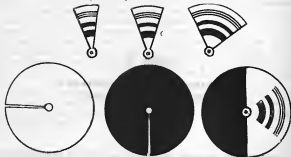


FIGURE 4.

Disques et secteurs mobiles employés dans les recherches.

L'excitation lumineuse provoque des processus chromatiques dont la latence d'apparition est d'autant plus brève que cette excitation est plus intense, ce qui est conforme à une loi très générale. En outre, pour rendre compte de la succession distincte des couleurs avant l'annulation qui laisse

persister le seul processus lumineux achromatique, il faut faire appel à l'existence de la phase d'hyperexcitation transitoire mise en évidence pour le processus lumineux (avec ou sans impression chromatique) dans l'établissement de la sensation, avant le régime stable (Broca et Sulzer 1902-1903 ; Bills, 1920, etc...).

Si nous admettons les trois processus chromatiques fondamentaux de Young-Helmholtz, — quatre ou un autre nombre quelconque pouvant être aussi bien admis, — les faits nous montrent que c'est le processus de la sensation rouge qui évolue le plus vite et, dans la première phase de l'excitation lumineuse, passe par le stade hyper ; quand il regagne son régime stable, le processus de la sensation verte, un peu plus lent, achève sa croissance, et, à son tour, passe par la phase de dépassement ; enfin, c'est quand il décline vers son régime normal que le processus du bleu, le plus tardif, atteint son maximum, puis descend ; et, au régime également stable des trois processus, l'annulation réciproque éteint toute couleur.

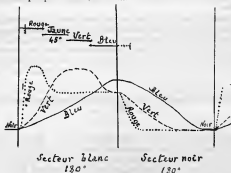


FIGURE 5.

Schéma de l'évolution inégale des processus chromatiques avec indication des colorations obtenues sur les anneaux de Benham.

A la cessation de l'excitation, le processus du bleu est aussi plus lent à disparaître, suivant une loi de symétrie très générale dans les phénomènes visuels, celui du rouge ayant l'évanouissement le plus précoce. Et, de fait, par interposition d'un petit secteur noir interrupteur à des stades variables de l'excitation, on provoque un bleuissement de l'anneau terminal alors que, d'après la prédominance d'établissement, le bleu ne devrait pas intervenir.

La loi fondamentale du phénomène peut être ainsi formulée : *Sous l'influence d'une excitation lumineuse de la rétine par un rayonnement complexe à résultante incolore, il se produit au début un déséquilibre chromatique,*

avec prédominance successive de nuances allant du rouge au bleu dans l'ordre des couleurs spectrales, par suite d'une inégale vitesse d'établissement, jusqu'à atteinte du stade hypermaximal transitoire, des processus chromatiques fondamentaux déclenchés.

Si le dispositif de Benham est si favorable à la manifestation du phénomène, c'est que les minces anneaux noirs sur secteur blanc sont envahis — inégalement d'ailleurs, suivant leur place et les impressions qui précèdent ou suivent — par une diffusion de l'excitation qui évolue dans les régions rétinienne voisines, et que la diffusion chromatique paraît bien l'emporter sur la diffusion lumineuse, d'où suit qu'il se produit un saillant chromatique plus marqué dans l'impression lumineuse, trop marqué pour être annulé par les processus chromatiques moins saillants des phases blanches consécutives ou précédentes. Il peut alors persister, dans la fusion rotatoire, une impression colorée, dont la saturation, variable, mais toujours assez faible, dépend de nombreux facteurs et en particulier des contrastes de clarté des plages blanches et noires.

Nous sommes conduit à formuler une deuxième loi : *Lorsqu'une petite surface rétinienne n'est pas ou n'est que faiblement excitée au voisinage d'une région qui est le siège d'un processus lumineux et chromatique, l'excitation de cette surface par diffusion comporte une prédominance du processus chromatique qui diffuse avec une intensité plus grande que le processus lumineux.*

2° *Couleurs subjectives et vitesse d'établissement chromatique (232 ; 245 ; 246).*

Lorsqu'on étudie la période d'établissement d'une sensation provoquée par une excitation lumineuse monochromatique, il est difficile de dissocier l'accroissement progressif de luminosité de l'accroissement de la couleur, mais, il se trouve qu'un phénomène, aujourd'hui classique, réalise une dissociation de la clarté et du chroma, et cela en lumière blanche, celui des couleurs subjectives de Fechner-Benham.

J'ai déterminé les constantes de temps de chaque couleur pour un éclaircissement donné, puis pour des éclaircissements plus ou moins intenses, obtenus par éloignement ou rapprochement de la même source lumineuse.

Comme l'augmentation d'intensité accélère les processus, les couleurs pour les différents anneaux de Benham sont respectivement modifiées comme si, à éclaircissement constant, on avait ralenti la vitesse de rotation ; il faut donc accélérer celle-ci pour rétablir les couleurs initiales modifiées par l'approche de la source. Les modifications des constantes de temps des différentes couleurs se montrent sensiblement identiques.

La loi de Charpentier s'applique à nos résultats de façon très satisfai-

sante, davantage même qu'à ses propres résultats sur l'établissement de la sensation lumineuse, comme elle vaut encore pour les résultats plus anciens d'Exner. Dans les trois cas, une formule de type logarithmique s'écarte davantage des données empiriques.

La vitesse du processus d'établissement (réciproque de la durée), aussi bien pour la sensation lumineuse d'après les méthodes de comparaison photométrique directe, que pour les processus fondamentaux des sensations chromatiques d'après la détermination du temps des couleurs subjectives de Fechner-Benham, se montre proportionnelle à la racine quatrième de l'intensité I d'excitation. Si l'on décrit $V = \frac{1}{t}$, on a $V = A. I^{.25}$.

3° *Persistence rétinienne et intensité d'excitation (233).*

La durée de la persistance apparente après une excitation lumineuse décroît au fur et à mesure qu'augmente l'intensité de cette excitation.

D'après les anciennes recherches de Charpentier, la persistance aurait varié sensiblement en raison inverse de la racine carrée de l'intensité.

La loi, formulée quelques années plus tard par Ferry en Amérique, puis par Porter en Angleterre, serait de forme logarithmique : d'après eux la persistance varie en raison inverse du logarithme de l'intensité.

J'ai repris à mon tour la question, en envisageant la détermination de la loi de variation de la persistance apparente en fonction des intensités lumineuses, séparément pour les cônes et pour les bâtonnets.

J'ai fait encore appel à la détermination de la fréquence critique correspondant au seuil de la fusion, ce qui ne fournit pas une mesure directe de la persistance réelle, mais la mesure d'une durée de persistance telle que la décroissance reste inférieure au seuil différentiel des clartés, le papillotement (flicker) apparaissant dès que ce seuil différentiel est franchi. Comme la valeur du seuil différentiel est variable suivant l'intensité lumineuse — et inégalement pour les cônes et les bâtonnets — il faudrait éliminer l'influence de cette variation pour avoir la loi propre de la persistance vraie.

Les résultats m'ont conduit à des conclusions assez différentes de celles des auteurs précédents qui, opérant sans détermination assez rigoureuse des régions rétinienne excitée et des surfaces d'excitation, ne pouvaient préciser le rôle exact des cônes et des bâtonnets dans les valeurs numériques obtenues. Et de plus, en m'adressant à leurs propres chiffres, j'ai pu vérifier que la loi logarithmique, toujours adoptée d'emblée par une véritable contamination fechnerienne, était notablement moins exacte qu'une loi de type Charpentier.

Si l'on envisage la vitesse d'évanouissement (réciproque des durées de persistance), on a, non pas $V = K. \log. I$, mais $V = K. I^{\frac{1}{4}}$. Mais on doit

se rappeler que cette loi a trait à la résultante du jeu de deux variables indépendantes, la persistance vraie et la sensibilité différentielle.

La même loi s'applique à l'excitation exclusive des cônes ou des bâtonnets, mais avec des constantes différentes. Les persistances liminaires sont plus courtes pour les cônes (environ 70 ° au lieu de 115 à 130) et leur décroissance est plus rapide (en fonction de la racine quatrième au lieu de la racine septième des intensités).

Quand, au cours de l'accroissement des intensités excitatrices se produit une excitation mixte des cônes et des bâtonnets, les persistances prennent des valeurs intermédiaires, qui dépendent de la participation des deux catégories d'éléments. Avec des radiations moyennes, en dehors de la fovéa, les durées de persistance, qui sont d'abord celles des bâtonnets, se rapprochent progressivement de celles qui caractérisent les cônes, et, dès lors, leur variation en fonction de l'intensité d'excitation est complexe et plus rapide que ne le comporte la loi des bâtonnets ou même la loi des cônes.

Et, en somme, toute la complexité qu'on rencontre dans l'étude des phénomènes de la vision peut se résoudre en des lois relativement simples, à condition d'étudier toujours séparément le comportement des deux catégories d'éléments récepteurs rétiniens. Les effets de l'adaptation à l'obscurité ou à la lumière, de la nature et du niveau d'énergie des radiations excitatrices, des régions rétiniennes excitées, qui apparaissent extraordinairement chaotiques, s'ordonnent harmonieusement quand on tient compte de la participation, en proportions variables, de ces deux sortes d'éléments, ayant leurs constantes propres.

Enfin, si l'on rapproche les résultats obtenus dans l'étude de la persistance et dans celle de la vitesse d'établissement, on constate que la loi $V = A \cdot I^{0.25}$ s'applique à la vitesse du processus psycho-physiologique déclenché par l'excitation lumineuse — du moins pour une catégorie d'éléments récepteurs, les cônes — aux deux versants de l'établissement et de l'évanouissement, les augmentations d'intensité accélérant dans la même proportion les phases initiale et terminale.

Il en résulte une intéressante loi de symétrie dans les phases du processus.

TITRE IV

Illusions d'optique

1° Illusion des roues tournantes (2).

Si l'on imprime un mouvement de translation circulaire sur un plan à une feuille sur laquelle se trouvent dessinées deux roues formées de cercles noirs concentriques séparés par des cercles blancs, on a l'impression très vive d'une rotation de roues, d'autant plus vive que l'œil reste davantage immobile.

J'ai montré que le mécanisme tenait à une rotation réelle de deux secteurs gris symétriques formés sur la rétine par un phénomène de fusion dû au processus de persistance, et j'ai donné la construction géométrique qui permet de suivre le déplacement des secteurs dans les mouvements de translation circulaire de la roue.

2° Illusion de Müller-Lyer (132).

J'ai procédé à une étude systématique de cette illusion bien connue (surestimation ou sous-estimation de la longueur de lignes terminées par des angles sortants ou rentrants), sous des formes variées. J'ai déterminé ses variations quantitatives en fonction de l'ouverture de l'angle, de la longueur proportionnelle des côtés de l'angle, de la longueur absolue des lignes, de la répétition des épreuves, etc... J'ai constaté qu'il y avait toujours des conditions optima (ouverture d'angle de 60°, longueur des côtés égale aux quatre dixièmes de celle de la ligne, longueur de 12 à 35 millimètres à 50 centimètres de distance de l'œil environ), et que la répétition diminuait l'illusion en vision durable, mais non en vision instantanée.

Ce dernier fait est venu confirmer la démonstration que j'ai donnée du double mécanisme de l'illusion.

De même qu'il existe deux modes d'appréciation des grandeurs, l'un normal, en vision prolongée, fondé sur les mouvements oculaires, l'autre, exceptionnel et moins précis, basé sur les estimations des projections rétiniennes, il y a deux mécanismes de l'illusion, un dynamique et un statique,

D'une part, lorsque l'œil parcourt une ligne, il se trouve entraîné au

dehors par des éléments surajoutés sortants formant masse extérieure, et au contraire retenu, incliné à rester en dedans par des éléments rentrants formant masse intérieure.

Ces mêmes éléments, d'autre part, rendant imprécises les extrémités des lignes, tendent à les faire paraître plus éloignées ou plus rapprochées dans la vision indirecte, un seul fragment des lignes pouvant être perçu en vision directe, au cours de l'exposition instantanée, qui empêche l'exploration par les mouvements oculaires.

Tout ce qui tend à préciser les extrémités de la ligne, à diriger exactement le regard en le conduisant jusqu'au bout des lignes et en l'y retenant, diminue ou fait disparaître l'illusion.

TITRE V

L'Etude des sensibilités cutanées et profondes

1° *La discrimination cutanée (170 ; 203).*

La discrimination cutanée est envisagée tantôt comme un phénomène perceptif très complexe, tantôt comme un processus élémentaire ayant même des voies de conduction distinctes (Head, Déjerine). J'ai montré que la méthode classique d'examen était ambiguë et pouvait impliquer, soit une discrimination brute de sensations imprécises, soit une discrimination perceptive de deux contacts définis ; et j'ai indiqué une manière de procéder plus correcte permettant de diminuer la part de l'interprétation et de la variabilité dans les attitudes individuelles.

Mais en aucun cas on ne peut voir là un mode de sensation spécifique. La discrimination, qui permet d'affirmer la dualité de deux contacts, implique toujours une opération intellectuelle basée sur certaines qualités des sensations ; suivant la manière de l'étudier, on peut se rapprocher de la sensation brute ou au contraire du jugement complexe ; mais il n'y a pas là un mode de sensibilité indépendant. La discrimination spatiale est une opération qui peut se faire, non seulement pour les sensations visuelles (acuité), — par un processus plus immédiat d'ailleurs — mais pour toutes les sensations cutanées, celles de froid, de chaud ou de douleur.

J'ai procédé en particulier à l'étude de la discrimination pour des excitations thermiques cutanées, froides ou chaudes, au moyen de gouttes d'eau déposées sur la peau et n'exerçant aucune impression tactile.

Evitant ainsi les causes d'erreur (dépression cutanée), impliquées par les excitations de pression quand on fait croître leur intensité, j'ai pu déterminer la relation qui unit la finesse discriminative aux intensités excitatrices ; l'abaissement du seuil se fait suivant une courbe d'allure nettement hyperbolique.

La finesse maxima de discrimination est environ une fois et demie plus grande avec les excitations froides qu'avec les excitations chaudes.

2° La sensation de douleur (124 ; 130 ; 131 ; 175 ; 197 ; 249).

J'ai été conduit à une révision de la notion de la sensation de douleur due à Von Frey par trois catégories de données personnelles.

Tout d'abord, étudiant la réaction émotive psycho-galvanique, je constatai qu'il était possible de dissocier (par répétition et par auto-excitation) le phénomène affectif de la sensation de piqure.

En second lieu, montrant que tous les cas d'hyperesthésie cutanée d'origine pathologique se ramenaient à des phénomènes d'hyperalgésie (soit par abaissement du seuil, soit par exagération des réactions), je constatai, pour les diverses formes de douleur des dissociations très nettes, l'abolition de la piqure pouvant se manifester dans les syndromes corticaux, mais non celle de la brûlure, par exemple, et les hypoalgésies ou hyperalgésies portant souvent de façon élective sur un mode ou un autre de la sensibilité douloureuse.

Enfin, dans les syndromes de guerre, mettant en évidence un phénomène d'irritation trigémino-occipitale (avec A. Mairét), caractérisé par une irradiation sur le territoire du nerf occipital de la douleur engendrée par pression sus-orbitaire, et s'expliquant par des connexions sympathiques, phénomène accompagnant les céphalées, qui relèvent d'une innervation méningée par le trijumeau et le sympathique, je fus amené à donner, dans la genèse des impressions douloureuses, une place prépondérante au système nerveux autonome.

L'interprétation générale que j'ai proposée de la « sensation » de douleur est, très brièvement, la suivante : Il existe, à côté des appareils de sensibilité destinés à la perception des excitations cutanées (tact, chaud, froid), ou appareils épicrotiques (Head), des appareils autonomes, assurant une véritable cornesthésie de la peau, et correspondant aux dispositifs propathiques de Head ; ils aboutissent au thalamus, et y suscitent des réactions affectives de plaisir et de douleur (brûlure, pincement profond).

En outre, il existe un appareil épïcritique, suscitant des perceptions bien définies de piqure, aboutissant à l'écorce, mais qui, le seul parmi les appareils épïcritiques, engendre, au niveau du thalamus, la réaction affective douloureuse. Il n'y a donc pas une sensation spécifique de douleur, mais seulement de piqure, cette sensation étant la seule qui participe à la fois de l'épïcritique (perception discriminative corticale) et du protopathique (réaction affective thalamique). J'ai donné de cette thèse une série de justifications physiologiques et pathologiques.

3° *La sensibilité vibratoire (174).*

Déjerine a admis une sensibilité vibratoire spécifique du périoste.

J'ai pu montrer, d'une part, comme on l'avait déjà soutenu, que la peau et les organes profonds percevaient l'excitant vibratoire, la sensibilité plus fine des os tenant à un phénomène de sommation, à cause de la propagation facilitée de la vibration dans la masse solide des os, et d'autre part, que la sensation vibratoire représentait un stade léger d'excitation des terminaisons banales du périoste, des terminaisons douloureuses particulièrement : dans les cas d'hyperalgésie d'origine cérébrale, on obtient facilement, suivant l'intensité de l'excitation, toutes les formes intermédiaires entre le chatouillement ou le fourmillement léger — analogue à celui de l'excitation faradique — et les douleurs les plus vives. L'excitant vibratoire est en réalité un excitant banal de toutes les terminaisons nerveuses, comme l'excitant faradique.

TITRE VI

Les sensations auditives

1° *Le bruit et les qualités des sensations auditives (169. — 24).*

Alors que l'on fait souvent dériver la sensation de bruit des sensations tonales, le caractère primitif de cette sensation apparaît avec évidence. Or,

les bruits présentent des différences qualitatives, réductibles à la clarté (bruits sourds ou clairs) et au volume (bruits amples ou grêles), si l'on ne fait pas intervenir une qualité vocale spécifique (bruits en *a*, en *ou*, etc...).

En dehors de ces qualités, constitutives du timbre, et qui appartiennent à toutes les sensations auditives, possédant ou non le caractère tonal, faut-il distinguer deux autres qualités irréductibles, la hauteur et la tonalité, l'une caractérisant la position absolue d'une note, d'une octave, l'autre, la nature de la note au sein d'une octave ?

On peut admettre que la tonalité de la note, qui crée la parenté des divers ut par exemple, tient à la présence d'harmoniques communes, et que la hauteur absolue, fonction continue de la fréquence vibratoire, est la seule qualité simple ; mais on peut aussi penser que la qualité est fonction périodique de la fréquence et que ce sont des qualités différentes (clarté ou volume), qui différencient les octaves successives.

La question n'est pas résolue. En tout cas, la nomenclature classique des sensations auditives héritée de Helmholtz doit-être aujourd'hui reprise sur de nouvelles bases.

3° *L'orientation auditive latérale* (248).

Les récentes recherches, poursuivies à la fois par des psycho-physiologistes et des physiiciens, ont mis en évidence deux mécanismes d'orientation auditive latérale, l'un fondé sur la différence des intensités reçues au niveau des deux oreilles, fonctionnant bien surtout pour les sons de fréquence élevée, et l'autre, fondé sur la différence de phase des sons de fréquence assez basse, différence réductible à un retard d'une oreille sur l'autre pour les phases vibratoires correspondantes, le retard liminaire étant le même que pour la latéralisation d'un bruit bref abordant l'un après l'autre les deux organes auditifs, ce retard étant extraordinairement bref : moins d'un dix-millième de seconde.

Etant donnée l'incapacité d'apprécier directement des intervalles qui ne soient pas au moins cent fois plus longs, le fait pose un intéressant problème. J'ai tenté une interprétation physiologique du processus, en supposant que la première excitation survenant dans le centre d'étape commun exerce une inhibition plus ou moins complète sur les neurones transmetteurs de la seconde.

De même, une excitation plus intense d'un côté doit exercer une inhibition analogue. Ainsi, se comprendraient ces deux faits, d'une part qu'il n'est pas possible de différencier une latéralisation auditive fondée sur un retard d'impression d'une oreille de celle qui l'est sur une inégalité des impressions et, d'autre part, qu'on arrive à compenser artificiellement

l'action du retard par une action inverse due à une différence des intensités, ou inversement, jusqu'à ramener l'impression de localisation frontale.

TITRE VII

L'Etude comparée des sensations

1° Les réceptions élémentaires des actinies (52).

J'ai procédé à une analyse des modes efficaces d'excitation chez l'*Actinia equina* (1) à la détermination de la capacité de différenciation des excitants et à la répartition topographique des sensibilités électives.

Les résultats de mes recherches ont été utilisés par PARKER, pour sa monographie : « *The elementary Nervous System* ».

2° Les sensations des mollusques. Le sens chimique (98 ; 99 ; 108 ; 111).

J'ai procédé à des investigations sur les divers modes de sensibilité d'un grand nombre de mollusques (la plupart restées inédites). J'ai pu constater que la finesse de sensibilité au contact du pied ou du manteau était de même ordre que celle de la muqueuse linguale chez l'homme (7 mgr. environ de pression, au seuil, pour une surface d'application de 0 mm. 1 de diamètre).

Chez la Limnée, j'ai montré que ce n'était pas la région péribuccale qui possédait la sensibilité gustative (de discrimination alimentaire au contact), mais la région antérieure du pied, de rôle explorateur, qui partage aussi avec la région de l'osphradium la plus grande sensibilité chimique à distance dans l'air, la plus grande sensibilité olfactive, celle-ci se rencontrant toutefois sur l'étendue entière du tégument (Patelles, Nasses, etc).

(1) Des séries de recherches comparées sur un grand nombre d'espèces d'actinies sont restées inédites.

Chez la Nasse, j'ai tenté l'analyse du sens chimique aérien et aquatique. L'excitabilité chimique aérienne se manifeste bien sur tout le tégument (benjoin, camphre) avec prédominance dans la région du mufle, du bord antérieur du pied, du siphon.

Il existe une discrimination chimique alimentaire au contact, dans l'air ou dans l'eau, sur le mufle, la trompe, et peut-être d'autres régions encore.

Enfin, il existe à distance, une fine sensibilité chimique, dans l'eau, pour la région osphradiale, pour celle du mufle et sans doute du bord antérieur du pied, et pour la trompe : cette sensibilité se manifeste à grande distance (plusieurs mètres) dans le sens d'un courant, à une dizaine de centimètres en eau calme, et à deux ou trois centimètres à contre courant, lorsque la sensibilité osphradiale entre en jeu, sinon à de moindres distances. Elle ne se manifeste pas dans l'air ; et nous trouvons là une curieuse parenté avec la sensibilité uniquement gustative, au contact.

Il y a donc là trois modes d'excitabilité chimique chez la Nasse, tendant peut-être à montrer que la distinction de l'olfaction et de la gustation ne vient pas tant des excitants que des cellules réceptrices.

La Nasse s'oriente vis-à-vis des sources d'odeur dans l'eau par un jeu explorateur actif du siphon.

3° Les sensations comparatives (154 ; 155 ; 156).

Lorsqu'on examine, chez des animaux changeant de livrée suivant les fonds sur lesquels ils se posent, l'influence de l'éclairage, on note que le comportement est tout différent sur un fond sombre bien éclairé et sur un fond clair peu éclairé, pouvant être beaucoup plus sombre en réalité que le premier.

J'ai étudié, par exemple, des Isopodes qui, comme l'*Idotea tricuspidata* Desm., adaptent, par un jeu de chromoblastes, leur propre clarté à celle du fond, qui présentent de l'« homophilie ».

Quand la lumière diminue beaucoup, à obscurité relative, que le fond soit de porcelaine blanche ou de verre transparent sur papier noir, dans tous les cas il y a rétraction complète des chromoblastes et apparition d'un pigment vert diffus : l'*Idotea* devient d'un vert transparent.

À l'éclairage du jour, sur fond de porcelaine blanche, il en est tout à fait de même, tandis que, sur fond sombre cette fois (papier noir sous le verre d'un cristalliseur), il y a étalement complet des chromoblastes, et l'*Idotea*, opaque, revêt par réflexion la couleur prédominante de ses chromoblastes (lilas, rouge ou brun plus ou moins foncé).

L'animal ne réagit pas à une clarté absolue, mais à une clarté relative

du fond, à une propriété de celui-ci, à la qualité noire, blanche ou grise appartenant en propre à ce fond.

Or, il en est bien ainsi chez l'homme également. Aussi, d'une façon absolument générale, à côté des sensations élémentaires proprement dites de clarté qui nous renseignent sur l'intensité de la lumière, il y a lieu de faire place, comme à une catégorie différente, à des sensations plus complexes, constituant toujours des perceptions, et qu'on peut appeler des *sensations comparatives*, nous renseignant sur une propriété des corps (le pouvoir diffusif), en nous fournissant, selon le vocabulaire usuel, les trois gammes continues des blancs, des gris et des noirs.

TITRE VIII

Divers

1° *Lumière et photométrie. Principes d'éclairage* (218 ; 219. — 23).

J'ai fait un exposé général des données physiologiques nécessaires à l'étude de la lumière, qui ne représente pas un phénomène physique, mais le résultat d'une certaine modification des organismes par des radiations de longueur d'onde donnée, et j'ai dénoncé le cercle vicieux des unités photométriques qui évitent de faire appel à la notion de la grandeur d'effet physiologique, alors que celle-ci doit nécessairement être à la base de l'édifice de ces unités. J'ai montré en outre l'importance de la dualité des éléments récepteurs rétiniens, à distribution inégale de leur sensibilité dans le spectre, se combinant pour donner une impression lumineuse unique mais avec participation variable suivant la région rétinienne excitée, l'état d'adaptation préalable, la longueur d'onde prédominante des radiations, la quantité d'énergie reçue, etc.

Enfin, j'ai précisé quelques règles physiologiques générales d'éclairage rationnel.

Dans l'introduction d'un rapport (inédit), présenté à la commission pour

l'éclairage électrique des Ecoles de la Ville de Paris (1), j'ai résumé les données fondamentales en ces termes :

La valeur physiologique d'un éclairage est fonction de son intensité, de sa distribution et de sa nature.

Un éclairage scolaire est essentiellement destiné à permettre un exercice de la vision discriminative — généralement à courte distance — dont le type est la lecture. Or, pour ce mode de vision, il y a un éclairage optimum au niveau des surfaces sur lesquelles se porte le regard, généralement fixé à 40 ou 50 lux ; il y a une composition optima de la lumière, celle de la lumière blanche, dépourvue de rayons ultra-violets, les rayons de courte longueur d'onde étant toutefois très défavorables pour les fonctions discriminatives de l'œil ; enfin, il y a une distribution optima, se rapprochant de l'homogénéité aussi parfaite que possible, sans contrastes violents, sans grandes taches d'ombre, qui tendraient à susciter, même se trouvant à la périphérie du champ, des relâchements accommodatifs, mais aussi sans foyers trop lumineux qui susciteraient une contraction pupillaire extrême et entraîneraient une diminution marquée de la sensibilité rétinienne par éblouissement.

Un éclairage défectueux entraîne des conséquences physiologiques désignées sous le nom de fatigue de la vision. Derrière ce terme, il faut ranger deux catégories de phénomènes :

1° En premier lieu, une fatigue musculaire portant essentiellement sur l'appareil de l'accommodation et l'appareil moteur oculaire et résultant de causes variées, agissant isolément ou en connexion : accommodation forcée, excessive, par insuffisance de lumière ou par excès de radiations chimiques, ce qui conduit, d'une part, à se rapprocher des surfaces regardées, et ce qui entraîne d'autre part, des efforts pour rendre la vision plus distincte, se traduisant en des tâtonnements accommodatifs réflexes ; — incertitude des mouvements, exploration oculaire fragmentée davantage par suite de la diminution d'étendue de vision distincte au cours des pauses du regard dans la lecture ; — variations brusques de contraction pupillaire et d'accommodation par action de surfaces très sombres ou de foyers éblouissants, etc.

2° En second lieu, une irritation oculaire avec larmoiement, qui est due principalement à l'action de certaines radiations, des bleues violettes et ultra-violettes, surtout lorsque l'œil est soumis directement et de façon prolongée au rayonnement émanant d'un foyer lumineux, qui émet des rayons de courte longueur d'onde, ceux-ci étant les plus facilement absorbés par les surfaces diffusives et réfléchives.

Un éclairage peut donc être défectueux, soit par son insuffisance, soit par sa mauvaise distribution, soit par sa trop grande richesse en radiations chimiques. Une comparaison brute de divers modes d'éclairage, au double point de vue de la fatigue accommodative et de l'irritation oculaire, ne permet

(1) Des recherches sur la valeur comparée de divers modes d'éclairage au point de vue du rendement physiologique et de la fatigue oculaire ont été poursuivies sous ma direction, avec emploi de deux tests de fatigue, dont l'un dû à Ferree et Band.

pas de déterminer d'emblée les causes de la supériorité ou de l'infériorité de tel ou tel d'entre eux. Mais une analyse est en général possible.

2° *Le rayon vert* (58).

Le mécanisme physique du rayon vert a été clairement élucidé par Ch.-Ed. Guillaume. Mais, au phénomène de dispersion atmosphérique doit s'ajouter le phénomène physiologique de l'hypersensibilité rétinienne aux radiations de longueur d'onde moyenne, aux radiations vertes.

Si cette hypersensibilité se manifestait pour les radiations bleues ou violettes, on verrait — plus rarement et moins nettement à cause d'une absorption atmosphérique plus intense des radiations de plus courtes longueurs d'onde — le « rayon bleu » ou le « rayon violet » au lieu du « rayon vert ».

3° *Réceptions indirectes et réflexes localisateurs* (194 ; 230).

Dans l'étude des fonctions labyrinthiques, on rencontre, comme effet direct de l'excitation, des réflexes toniques et, en certains cas, une irritation vago-sympathique (voir section D, titre III); les sensations provoquées ne le sont qu'indirectement par l'intermédiaire des réflexes (déplacements oculaires en particulier) et de l'irritation viscérale (vertige).

Les sensations d'origine indirecte sont beaucoup plus nombreuses qu'on ne paraît le penser, et, en particulier, comme j'ai tâché de le montrer, elles sont à la base de nos perceptions spatiales. Il existe des réflexes localisateurs congénitaux précédant la localisation psychique et cela permet de fonder la conception du « nativisme réflexe » en matière de représentations spatiales.

4° *L'erreur de la « stroboscopie rétinienne »* (227).

Charpentier avait cru pouvoir établir l'existence d'oscillations rétinienes d'après un phénomène consistant en l'apparition d'une figure radlée pouvant demeurer immobile au cours de la rotation de disques à secteurs blancs et noirs. Or, j'ai montré que ce phénomène ne se produisait que quand le disque tournant était éclairé par une source oscillante.

Il y a là un procédé commode pour compter le nombre des tours d'un dis-

que à la seconde, et contrôler la régularité de la vitesse de rotation, quand on connaît la fréquence des oscillations de la source et je l'ai utilisé aussitôt (Voir Section F, titre I).

5° *Le mécanisme de l'attention sensorielle* (34 ; 35, avec ET. MAIGRE — 62).

Le renforcement volontaire d'une excitation sensorielle correspond-il à un phénomène d'accommodation périphérique ou à un abaissement du seuil d'excitabilité de neurones centraux ?

C'est cette dernière hypothèse qui m'a paru s'imposer ; dans des expériences avec Et. Malgre, nous avons montré que la prolongation de la vision par un œil dans la lutte des champs stéréoscopique (quand la fusion d'impressions hétérogènes est impossible) s'obtenait encore volontairement, même après paralysie oculaire par l'atropine, unilatérale ou bilatérale.

Et j'ai montré que l'existence de fibres centrifuges dans le nerf optique ne pouvait être interprétée dans le sens d'une action accommodative périphérique, comme on avait tenté de le faire.

SECTION C

Biologie - Psychophysiologie générale et comparée

TITRE I

Les Phénomènes d'autotomie

(71 ; 72 ; 73 ; 74 ; 75 ; 76 ; 77 ; 89 ; 90 ; 91 ; 105 ; 210 ; 222).

L'« autotomie » est une expression proposée par Frédéricq, en 1882, pour désigner l'amputation spontanée des membres chez certains animaux. C'est, affirma Frédéricq, un phénomène purement réflexe : chez les Crustacés, chez le Crabe, en particulier, elle s'obtient pour toute excitation violente du nerf de la patte, soit mécanique comme la brisure, soit thermique par chauffage, soit électrique, soit chimique par action de l'alcool sur un membre écrasé très doucement ; et elle ne s'obtient que par des excitations violentes de cette nature.

Or, l'étude de certains crabes me montra que le caractère *exclusivement* réflexe de l'autotomie, qui n'était plus mis en doute, n'était pas exact :

« Le *Grapsus varius*, crabe agile vivant sur les rochers des côtes sud de l'Océan, présente, comme les autres crabes, le phénomène d'amputation spontanée de ses membres sous l'influence de leur excitation violente. Cette autotomie est un réflexe dépendant de la masse ganglionnaire ventrale avec contrôle des ganglions supérieurs provoquant des irrégularités et variations dans la réaction. Mais, en outre, d'une façon constante dans son habitat, très rarement en dehors, le *Grapsus* autotomise ses pattes sans qu'elles soient lésées ni violemment excitées, lorsqu'il se sent seulement retenu par elles, et il autotomise d'autant mieux et d'autant plus vite qu'il a plus de chances de s'enfuir dans un refuge où il pourra échapper. Cette autotomie dépend des ganglions cérébroïdes et est proprement psychique. Elle seule constitue véritablement l'autotomie évasive, l'autotomie réflexe étant essentiellement protectrice. Il est probable que cette superposition d'une autotomie psychique plus difficile à déceler, à l'autotomie réflexe, est un fait très général chez les animaux présentant le phénomène d'autotomie. » (77, p. 121).

L'autotomie évasive (que j'ai distinguée de l'« autospasme » due simplement à une fragilité excessive des membres) ne se rencontre pas dans les conditions normales chez le *Carcinus maenas*. Toutefois, comme Parize l'avait autrefois constaté (et le fait avait été mis en doute par Frédéricq), un de ces crabes enragés attaché par la patte, l'autotomise à la vue d'un Poulpe pour s'échapper; je l'ai vérifié nettement, et j'ai attribué le fait à une action dynamogénique de l'émotion, conçue comme une libération brusque d'énergie nerveuse (voir titre VII).

J'ai retrouvé les mêmes faits chez les Orthoptères sauteurs : les Locustides, les sauterelles présentent facilement comme les Grapses, l'autotomie évasive; chez les Acridiens, les criquets, on ne constate, en général, que l'autotomie réflexe; or, dans des conditions propres à susciter la réaction émotionnelle (par exemple en présence d'une Mante, ou par une menace brusque) on suscite l'autotomie évasive. Mais la réaction émotionnelle s'épuise très vite.

Un élève de Léon Frédéricq, J. ROSKAM, sous l'influence de son maître, dont les conclusions étaient en contradiction avec les miennes, reprit la question, et reconnut l'existence de l'autotomie psychique, en montrant que les crabes — attachés en présence des poulpes — abandonnaient bien leurs membres sans l'excitation vive du nerf de la patte, susceptible de déclencher le réflexe (*Archives internationales de Physiologie*, novembre 1912, XII, p. 474). L'expression de « psychique », dont la signification purement objective n'a pas toujours été comprise, avait entraîné certains auteurs à une négation systématique, confondant le « psychique » ou le « volontaire » avec l'intelligent et avec le conscient. Or, je n'entendais par là qu'un acte à conditionnement complexe et régi en particulier par des influences sensorielles. L'exactitude de la notion n'a pas tardé à être pleinement reconnue.

« Chez certains animaux et même chez le crabe (Péron, Roskam), il peut exister une autotomie évasive volontaire » (MORAT et DOYEN, *Traité de Physiologie*, T. I, p. 471). Cf. aussi BAGLIOSI, *Physiologie des Nervensystems*, in WINTERSTEIN, *Handbuch der Vergleichenden Physiologie*, T. IV, p. 278.

TITRE II

Le comportement chromatique Immobilisation et Mimétisme

1° Homochromie et homophanie (154 : 155).

Mes recherches ont porté sur un certain nombre d'invertébrés et en par-

ticulier des Isopodes (Idotées et Dynamènes) en connexion avec le problème général du mimétisme.

J'ai été amené à faire une série de constatations nouvelles dont voici le résumé sommaire :

1° Conformément aux observations de Francotte, il y a décoloration rapide des *Cycloporus papillosus* homochromes sous l'influence du jeûne ; mais il persiste des dessins blancs qui sont dus à des chromoblastes.

Il n'y a pas de comportement mimétique chez cette Planaire, contrairement aux assertions de Francotte.

2° Chez le Mollusque *Lamellaria perspicua* dont nous n'avons pu étudier le mécanisme assurant l'homochromie, mais qui paraît posséder des chromoblastes, le comportement n'est pas nécessairement mimétique.

3° Chez les Crustacés Décapodes, contrairement aux assertions de Ponchet et conformément aux constatations de Gamble et Keeble, il y a rétraction nocturne des chromoblastes des *Palæmon*, tandis que l'*Hippolyte cranchii* est invariable.

Les Oxyrhynques peuvent, en dehors des déguisements, présenter des colorations pigmentaires susceptibles d'assurer une certaine homochromie (chromoblastes roses et blancs de certains *Stenorynchus phalangium*).

4° Chez *Idotea tricuspidata*, il n'y a pas d'adaptation homochrome véritable, les changements de couleur étant provoqués uniquement par la luminosité du fond, dont l'action est différente de celle de la lumière directe.

5° Il existe chez cette Idotée, à l'encontre des assertions de Matzdorff, une livrée nocturne claire.

6° La succession des livrées diurne sombre (étalement chromoblastique) et nocturne claire (rétraction) continue à se produire quelques jours (une dizaine en certains cas) par suite d'une persistance rythmique chez les individus aveuglés ou placés à l'obscurité continue, comme Gamble et Keeble en ont mis en évidence chez les *Palæmon* et le *Virbius varians*.

7° Il existe un pigment vert diffus, qui apparaît surtout la nuit, lorsqu'il y a rétraction des chromoblastes foncés, pigment vert dont on n'a pas signalé d'analogue chez les Crustacés, mais qui se rapproche du pigment bleu nocturne du *Virbius*, et se montre d'une extrême fragilité.

8° Les divers chromoblastes (rouge-bruns, vus tels par transparence et par réflexion, et blancs, vus tels seulement par réflexion) présentent des variations en général parallèles, mais qui peuvent être indépendantes, des chromoblastes d'une même catégorie manifestant même parfois aussi une indépendance notable, ce qui contribue à montrer la complexité du mécanisme nerveux des variations pigmentaires.

9° La *Dynamene rubra*, Sphéromide ayant même habitat que l'*Idotea tricuspidata*, présente aussi une adaptation à la clarté du fond, et une livrée nocturne claire (avec pigment vert diffus ?).

10° Il existe chez cet Isopode, des chromoblastes rouge-bruns (vus tels par réflexion et par transparence), des chromoblastes vert-blanchâtres

(opaques) épars, et des chromoblastes vert-brillant (opaques également) constituant en particulier des taches dorsales, ce qui implique la présence d'une seconde sorte de pigment vert chez les Crustacés.

11° Au point de vue théorique, il nous paraît utile de substituer dans de nombreux cas à la notion d'adaptation chromatique celle d'adaptation lumineuse, assurant, non plus l'homochromie, mais l'homophanie.

12° La réalisation de l'homophanie, qui résulte du jeu actif des chromoblastes et de particularités indépendantes de l'animal, a peut-être un rôle protecteur, dont la valeur ne peut encore être exactement appréciée mais ne doit pas être très considérable, et qui ne peut intervenir que comme un facteur secondaire dans l'équilibre des espèces; et elle a très probablement une fonction physiologique directe, non encore déterminable avec certitude.

La notion d'« homophanie » paraît devoir rendre compte d'une partie des faits attribués à l'homochromie, et s'est introduite en biologie: (Cf. PANTZ et DE SÉVÉR, Réaction chromatique et non chromatique de quelques Phasmiides, *Bulletin biologique*, 1918, 52, 3, p. 177-183.) « L'analyse des faits conduit Piéron à une notion nouvelle et fort intéressante, celle de l'homophanie. Ce n'est pas seulement la coloration du fond qu'il faut envisager dans bien des cas, c'est aussi le degré d'éclairement; souvent l'homophanie s'ajoute ou se substitue à l'homochromie » (EL. BARAUD, Recherches sur la variation chromatique et l'homochromie des Arthropodes terrestres. *Bulletin biologique*, 1923, T. 57, p. 5).

2° Immobilisation et mimétisme (33; 92; 126 — 51).

J'ai proposé en 1904 de substituer l'expression d'« immobilité protectrice » à celle de « simulation de la mort » qui était couramment utilisée pour désigner des faits bien connus chez certains insectes; il y avait là à mon avis un phénomène de comportement mimétique; une ressemblance avec le milieu, ne peut avoir, en effet, aucune influence protectrice si l'animal qui la possède se meut. J'ai particulièrement étudié les attitudes mimétiques d'un Phasmiide, le *Carausius* (*Dirippus*) *morosus*, réalisées par un véritable réflexe d'immobilisation et maintenues pendant le repos diurne, alors que l'immobilité peut servir à protéger l'animal contre certains oiseaux insectivores. En effet, « que de telles attitudes, que de telles ressemblances morphologiques puissent à l'occasion jouer un rôle, c'est là, je crois, ce qui ne peut être entièrement nié: la protection, sans être absolue, doit exister à quelque degré, sinon à l'égard de certains ennemis trop bien pourvus dans la recherche de leur proie, du moins vis-à-vis d'autres. Seulement, que ce soit cette protection et son efficacité qui puissent expliquer la ressemblance, sa naissance et son développement, c'est tout autre chose; et faire du résultat une cause, suivant le point de vue finaliste, c'est mettre la charrue avant les bœufs, aussi bien en invoquant l'orthogénèse de la sélection que celle de l'« élan vital »: Nous voyons persister également des espèces « protégées »

et non protégées ; la « protection » n'est donc qu'un facteur de l'équilibre des espèces, la fécondité devant constituer un autre facteur des plus importants, mais dont nous ne pouvons évaluer exactement la place. » (51, p. 461).

Parmi les phénomènes d'immobilisation, j'ai distingué ceux qui relevaient d'un mécanisme réflexe simple, d'une inhibition cataleptique, et ceux qui correspondaient à une forme particulière de l'activité défensive, analogue à la fuite, et régie par des conditions complexes du milieu (immobilisation « volontaire »).

La distinction des deux formes d'immobilisation a été récemment reprise par SEMANET (*Pflüger's Archiv.*, 1918, 171, p. 348-362).

TITRE III

Le comportement respiratoire et l'anticipation adaptative

(54 ; 60 ; 95 ; 96 ; 97 ; 106 ; 112).

Les animaux qui vivent dans la zone de balancement des marées, lorsqu'ils se trouvent dans les mares littorales, sont soumis fréquemment à des influences nocives, telles qu'une élévation exagérée de température, une concentration saline excessive et enfin une désoxygénation marquée, la nuit surtout.

J'ai particulièrement étudié l'action de la diminution de la teneur de l'eau en oxygène, en utilisant, pour les dosages, la méthode de Lévy et Marboutin, diminution à laquelle des invertébrés sont d'autant plus sensibles, en général, qu'ils sont plus élevés en organisation, d'une part et qu'ils sont moins exposés à l'asphyxie dans leur habitat normal, d'autre part.

Deux réactions de défense principales apparaissent, l'une consiste pour l'animal à sortir de l'eau ; des Patelles, des Littorines, et certaines Actinies qui peuvent se tenir juste à la limite de l'eau, absorbant l'air atmosphérique et évitant la dessiccation ; et l'autre, si la sortie est impossible, réside dans une immobilisation, un état de vie ralentie avec moindre consommation d'oxygène et, chez l'*Actinia equina*, une fermeture du sphincter.

La fermeture de cette actinie est fréquemment déterminée par la désoxygénation et lui permet de résister étonnamment à l'asphyxie ; (des *A. equina*

vivant encore, par exemple, dans une eau ne contenant plus que 0 gr. 0006 d'oxygène par litre). La consommation de l'actinie fermée s'est montrée moitié moindre que celle de cette même Actinie ouverte, toutes choses égales d'ailleurs.

En milieu artificiel, les Actinies s'adaptent à la diminution de l'oxygène : la décroissance au-dessous d'un certain taux, d'ailleurs variable suivant les cas, de l'oxygène dissous, provoque constamment, en l'absence d'autres facteurs pouvant ajouter leur influence perturbatrice, la fermeture des Actinies, qui précède, sans exception, le relâchement sphinctérien de l'asphyxie. Et d'autre part l'accroissement de cette teneur, du moins au début et jusqu'à un certain optimum, provoque l'épanouissement d'Actinies préalablement fermées.

En outre, la fermeture se produit, par anticipation, à la décroissance du taux d'oxygène, en sorte que, pour le même taux les Actinies peuvent se fermer, s'il y a diminution, ou s'ouvrir, s'il y a accroissement, et elle peut même apparaître, quand les conditions périodiques sont associées à la diminution du taux d'oxygène.

Les individus vivant dans les mares des hauts niveaux, où il existe un notable appauvrissement nocturne de l'oxygène dissous, se ferment beaucoup plus tôt, en milieu clos, que les individus qui se trouvent tout près de la région des Laminaires et ne sont jamais soumis à cet appauvrissement du milieu. Le résultat, c'est que ces derniers, au bout du même temps, ont consommé une plus grande quantité d'oxygène et qu'ils ont épuisé plus vite le milieu.

Un autre fait d'anticipation adaptative se manifeste dans la réaction de fermeture qui protège l'*A. equina* contre la dessiccation ; les individus fixés, non plus dans des mares, mais sur des saillies rocheuses, aux hauts niveaux, se ferment au départ de la mer, et bien gonflés d'eau, le sphincter oral étroitement serré, restent souvent en pleine lumière, pendant la période d'émersion, sans se dessécher, ou du moins extrêmement peu. Des Actinies d'espèces différentes, qu'on rencontre dans des bas niveaux, où elles ne sont pas exposées à la dessiccation, ne se ferment pas quand elles sont mises à sec, s'étalent au contraire, et, au soleil, se dessèchent très rapidement.

Il en est de même pour des Actinies de même espèce, mais vivant constamment dans l'eau ; seulement la réaction anticipée est très rapidement acquise chez ces dernières ; tandis que, j'ai échoué à la faire apparaître chez des espèces où elle n'a jamais occasion de se manifester.

Avec des *A. equina* conservées une dizaine de mois immergées, il fallut de 8 à 15 marées pour que reparût la réaction anticipée de fermeture au départ de la mer (en empêchant ces Actinies de quitter la région rocheuse émergée aux basses mers, car, lorsqu'elles souffrent dans leur habitat nouveau, elles se décollent et se laissent emporter par la marée descendante).

Enfin, une réaction commandée par le milieu est la force d'adhérence au

support, en relation avec l'agitation. Au bout de quelques mois, les Actinies immergées en eau calme ont une adhérence extrêmement faible, qui s'accroît sous l'influence de l'agitation répétée (1).

TITRE IV

Rythmes et persistances rythmiques

1° *Le rythme nycthéméral de la température du corps (57 ; 58 ; 59 ; en collaboration avec Es. Toulouse).*

On sait que la température centrale de l'homme suit un rythme nycthéméral avec maximum diurne et minimum nocturne. L'échec de certains auteurs à renverser le rythme en veillant la nuit et en dormant le jour avait conduit à attribuer à ce rythme une réelle indépendance vis-à-vis des conditions de vie.

Nous avons montré, en suivant jour par jour, pendant plusieurs semaines, la température d'infirmières mises à un service de veille ou de veilleuses reprenant un service de jour, que l'échec constaté tenait à un phénomène de persistance rythmique. L'inversion ou la réinversion ne se produisent que progressivement, par avance ou retard du maximum et du minimum, et ne se réalise entièrement qu'au bout de 5 à 6 semaines.

2° *Persistances rythmiques chez les animaux (3 — 94 ; 95 ; 116 ; 126 ; 153 ; 155).*

Parmi les persistances rythmiques constatables, j'en ai obtenu de très caractéristiques chez les Idotées.

Mes expériences mirent en évidence la généralité du phénomène de per-

(1) Des expériences de longue haleine que j'avais entreprises au Laboratoire Maritime de Tatiou sur l'anticipation adaptative, ont été interrompues par la guerre.

sistance rythmique pour la prise des livrées diurne et nocturne dans des conditions de milieu grossièrement uniformes. Cette persistance ne paraît pas indéfinie et il se produit des décalages d'heures, ce qui élimine l'hypothèse d'influences extérieures autres que la lumière et continuant à agir selon le rythme nycthémeral.

Il y a à cet égard des notables différences individuelles dans la durée de la persistance, puisque, sur deux individus mis à l'obscurité, l'un, qui vécut 7 jours, ne présenta le rythme que trois jours, tandis que l'autre n'avait pas encore complètement perdu les alternances nycthémerales le 10^e jour ; mais, lorsque le rythme s'affaiblit, les oppositions sont moins tranchées, la durée des périodes se modifie, les heures changent et ne correspondent plus aux alternances extérieures ; c'est ce qui se remarque aussi bien chez une Idotee gardée 10 jours à l'obscurité que chez une qui vécut, aveuglée, pendant 8 jours.

De même, chez le *Carausius*, l'influence de l'obscurité ne peut s'observer qu'une fois éteinte la persistance rythmique.

Deux individus placés à la chambre noire un soir, aussitôt l'obscurité survenue, et restés actifs comme toutes les nuits jusqu'au matin, se sont immobilisés en attitude mimétique à peu près à l'heure où ils l'auraient fait s'ils avaient été exposés à la lumière naissante du jour. Mais les excitations légères qui induisaient ces animaux à rectifier leur position, réveillent l'activité de l'un d'eux. L'autre est laissé tranquille, et ne reprend son activité que vers le soir, une heure plus tôt que lorsqu'il était soumis à l'alternance du jour et de la nuit ; son activité paraît moins complète. Et son activité ne cesse plus le lendemain matin, tandis que l'autre, qui sert maintenant de témoin, a repris son attitude mimétique diurne. La persistance du rythme se manifeste encore par une esquisse de réflexe d'immobilisation sous l'influence d'excitations légères. Mais bientôt cela même cesse, et l'animal laissé à l'obscurité garde une activité peu intense, mais continue, et ne présente en aucun cas l'attitude mimétique.

Il y a eu, pendant vingt-quatre ou trente-six heures, une persistance mnémonique.

La persistance rythmique du *Carausius* a été signalée quelques mois plus tard par Schleich, qui ne paraît pas avoir eu connaissance de mon travail (*Zool. Jahrbücher.*, XXX, I, 6 octobre 1910).

3° Le rythme et la biologie du sommeil (4 — 149).

J'ai étudié les états de sommeil d'un grand nombre d'espèces animales et j'ai été conduit à distinguer, d'une part, une attitude rythmique commandée par l'alternance nycthémerale et ne constituant pas une phase de

repos nécessaire, et, d'autre part, une interruption d'activité survenant à intervalles plus ou moins éloignés, d'une durée plus ou moins grande, avec inexcitabilité relative, constituant un état de véritable sommeil, cet état n'étant pas universel chez les animaux et sa nécessité apparaissant corrélative du développement des fonctions nerveuses supérieures régulatrices du comportement.

Chez les vertébrés supérieurs, il paraît se faire une synthèse du repos nécessaire et de l'interruption périodique (nocturne ou diurne) d'activité commandée par l'alternance des conditions extérieures du milieu.

TITRE V

L'orientation et la mémoire sensorielle des animaux

1° L'orientation chez les fourmis. — La mémoire kinesthésique (31 ; 68 ; 141).

Il suffit de quelque attention pour s'apercevoir qu'il y a, dans la manière de se comporter des fourmis à la recherche de leur nid, des différences spécifiques extrêmement nettes, qui répondent à un mécanisme variable d'adaptation sensorielle.

Il m'a été possible de distinguer trois principaux types : un visuel, un olfactif, un musculaire. Le premier (type *Formica*) permet l'orientation aux plus grandes distances, le dernier (type *Messor*) aux plus faibles. Mais, dans la plupart des cas, il existe des types intermédiaires : le *Solenopsis* se rapproche du *Messor*. Les *Lasius emarginatus*, *L. niger*, *L. alienus* se rapprochent de *L. fuliginosus*, ou *L. flavus* (type olfactif), avec un rôle plus important encore des données visuelles. En réalité, le rôle de l'odorat dans l'orientation se montre relativement rare et n'est jamais exclusif.

Et dans tous les cas, il y a intervention de la mémoire musculaire, « mémoire des divers mouvements effectués pour aller d'un point à un autre, mémoire réversible et permettant ainsi le retour au lieu d'origine ».

Soit une fourmi qui revient dans la direction du nid, et se retrouve dans ses environs, se dirigeant sur l'entrée, avec précision, quand elle a bonne

vue, et qu'elle se trouve assez proche, ou bien tâtonnant, recherchant des repères ou des traces olfactives qui lui permettent de gagner le gîte.

Comment sait-elle qu'elle se trouve près de son nid et qu'il y a lieu d'en chercher l'orifice ? On peut penser que c'est en se retrouvant en pays connu, et cela est surtout vrai des fourmis à bonne vue, mais, il n'y a pas que cela. En effet, si l'on prépare sur le passage d'une fourmi moissonneuse un piège formé d'une touffe d'herbe détachée, et si l'on déplace la touffe lorsque l'ouvrière est dessus, en prenant garde de ne pas l'effrayer, on constate que celle-ci continue son chemin droit devant elle, et, arrivée à une distance sensiblement égale à celle qui la séparait de son nid, se met à chercher l'orifice avec ténacité, tournoyant, sans en sortir, dans un cercle assez étroit.

J'avais fait cette expérience, d'un caractère décisif, dès 1900 ; je l'ai relatée en 1904, en même temps que tout l'ensemble de mes recherches sur l'orientation des fourmis.

L'expérience cruciale qui me permit de démontrer, chez les *Messor*, le rôle de la mémoire kinsthésique, maintes fois répétée avec les mêmes résultats, a été le point de départ de toute une série de travaux. « C'est à Piéron que revient l'honneur d'avoir le premier nettement observé et décrit ce curieux phénomène », dit SARTREZ, et encore : « Actuellement le problème se restreint à l'explication de faits très importants découverts par Piéron, qui ont été en quelque sorte la cause des nombreuses et patientes recherches de CORNETZ » (*Revue Suisse de Zoologie*, juin 1913) ; et BAUM, de Zurich répond : « Ihren Ausgangspunkt nehmen diese neuen Kontroversen von einer bedeutsamen Entdeckung Piérons... Das Piéronsche Phänomen ist in der Folge namentlich durch V. Cornetz... nachgeprüft und bestätigt worden » (*Die Raumorientierung der Ameisen*, Jéna, 1914). Dans son livre sur *La vie psychique des Insectes* (1918), BOUVIER signale aussi l'importance de l'expérience de Piéron « que Cornetz qualifie à bon droit de capitale ». — « Von einer neuen Seite beleuchtet Piéron das Problem », déclare CHRISTIAN ERNST qui emploie l'expression française « Trajets de Piéron », dans son étude des fourmis (*Arch. für die ges. Psychol.*, 1914, 31, p. 58-68). Cf. encore in ARNHEIM-GALDEN's *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden*, VI, D. 2, Vergleichende Psychologie, livraison 70, 1922, p. 204 et 209.

2° L'orientation de la Patelle (107 ; 108 ; 208 ; 214).

Le « Homing » de la Patelle avait été depuis longtemps signalé, mais non étudié dans son mécanisme.

J'ai entrepris cette étude.

D'après les résultats de mes expériences, le retour de la Patelle à son nid implique une mémoire topographique tactile conservant les impressions, recueillies surtout par les tentacules céphaliques explorateurs ; le retour se fait identiquement par le chemin suivi à l'aller, dans tous ses détours, et des hésitations apparaissent quand le relief a été modifié dans l'intervalle. Toutefois, ces modifications du relief, au retour, n'empêchent pas en général la

Patelle de passer outre et de suivre la bonne direction, grâce à des repères fournis, en premier lieu, par la direction de la pesanteur, l'inclinaison des pentes rocheuses, ensuite par la direction de la lumière quand le déplacement se fait en plein soleil — influence qui se manifeste surtout lorsque l'animal se trouve sur une surface horizontale — et enfin, par un repère interne, qui l'avertit des distances restant à parcourir en la renseignant sur les mouvements qu'elle a effectués à l'aller et qu'elle doit effectuer au retour (même kinesthésique, comme chez la fourmi).

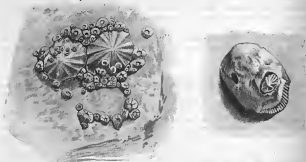


FIGURE 6.

Coin de rocher à Balanes avec deux Patelles logées à leurs places et dont les coquilles ont dû s'adapter l'une à l'autre. Au-dessous, emplacement d'une Patelle qui se trouve en voyage d'exploration alimentaire.

Patelle couverte de lithothamnion et, s'incrustant dans une cavité de ce revêtement, une petite Patelle en voie de croissance. Sur le côté on « home » vide d'une autre jeune Patelle, en voyage d'exploration.

Les souvenirs tactiles jouent le rôle essentiel, et le fait de renverser la roche, de changer l'orientation vis-à-vis de la pesanteur ou vis-à-vis du soleil ne trouble aucunement le retour au nid, quand la Patelle se déplace sur un granit rugueux. Il n'en est plus de même sur un galet roulé et poli, sur un schiste lisse, où les repères tactiles font à peu près complètement défaut. Dans ce cas, une Patelle qui revient à sa place quand la roche se dessèche, fera demi-tour, par exemple, si elle montait et que l'on bascule son bloc de façon à la forcer à descendre pour retrouver son nid : elle recommencera à monter, tournant le dos à son nid. De même, sur la paroi horizontale d'un bloc de schiste, une Patelle revenant en plein soleil, si l'on tourne le bloc de 180°, compensera la rotation en pirouettant à son tour pour garder la même orientation vis-à-vis des rayons solaires. Sur un bloc de granit, on ne provoquera qu'une hésitation passagère. On échouera si la

Patelle est tout près de son emplacement ; elle connaît, en effet, de façon durable la topographie de son home et de ses environs immédiats.

Sauf pour les Patelles fixées sur des surfaces lisses, et qui s'adaptent facilement à des places nouvelles, l'attachement au home est tenace ; après deux semaines, une Patelle que j'avais contrainte à adopter une nouvelle demeure, remise à 10 cm. de son ancienne, retrouvait celle-ci et s'y réfugia.

Ainsi mémoire musculaire et tactile tenace, utilisation de repères fournis par la direction de la lumière ou de la pesanteur, voilà ce que révèle le « homing » de la Patelle.

Des faits analogues sont fournis par d'autres Gastéropodes, en particulier par la Calyptrée que j'ai également étudiée.

Depuis lors, des recherches sur d'autres mollusques ont mis en évidence des faits semblables, en particulier celles de AMY et CHOUEN sur un Pulmoné des îles Bermudes, l'*Oncidium* (1918).

3° La reconnaissance chez les fourmis (34 ; 50 ; 51).

J'ai montré qu'en trempant des fourmis dans un bouillon obtenu par écrasement d'individus appartenant à des espèces ou seulement à des colonies différentes, on pouvait obtenir pendant un certain temps l'acceptation de ces fourmis trempées par les ouvrières des colonies auxquelles avaient été empruntés les individus écrasés, alors que les témoins étaient attaqués, et, en revanche, l'attaque immédiate par les individus de leur propre nid.

Ceci établit l'origine sensorielle de la reconnaissance, mais j'ai pu montrer que les actes consécutifs ne se suivaient pas identiques dans tous les cas, qu'ils dépendaient des circonstances, et qu'on ne pouvait adopter l'hypothèse simpliste des réflexes olfactifs émise par Bethe.

4° La mémoire sensorielle des animaux (100 ; 136 ; 163 ; 164).

En outre des phénomènes de mémoire sensorielle impliqués par les processus d'orientation, j'ai étudié chez des Mollusques et des Vertébrés inférieurs, plus directement, les phénomènes de mémoire, en leur faisant acquérir des habitudes fondées sur des perceptions.

Ainsi, après 15 à 24 jours d'essais journaliers, un Poulpe apprend à saisir un crabe dans un bocal en pénétrant directement par le goulot, au lieu de s'acharner contre le verre ; un autre, au bout d'une trentaine d'essais, se dirige tout de suite vers un récipient contenant un *Cardium* vivant et

délaisse un récipient de même forme, mais plus petit, ne contenant qu'une coquille vide de *Cardium* ayant l'aspect du coquillage vivant, ayant appris à reconnaître, à sa dimension, le récipient qu'il fallait.

Le Poulpe s'est montré supérieur, au point de vue de la capacité d'apprentissage, à des poissons et même à certains Batraciens.

Chez des poissons nichant dans des coquilles (*Biennius ocellaris* L.), j'ai pu établir que les mâles, qui gardent les œufs, conservaient le souvenir probablement olfactif de leur nid, et le reconnaissaient, même, quand il était déplacé au milieu d'autres, au bout d'une cinquantaine d'heures encore.

TITRE VI

Les lois de la mémoire ⁽¹⁾

(3 ; 6 — 113 ; 114 ; 137 ; 138 ; 139 ; 151 ; 199 ; 204 ; 213).

1° Les processus mnémoniques étudiés.

Une série de mes recherches eut trait à la mémoire verbale de l'homme, mémoire des chiffres ou des syllabes. Cette forme de mémoire est uniquement associative et ne porte que sur un ordre particulier, qui doit être retenu, d'éléments connus en eux-mêmes.

En outre, des expériences furent faites sur les progrès d'un apprentissage sensitivo-moteur chez l'homme, celui de la dactylographie, en le ramenant à des conditions susceptibles de rendre la méthode comparable à celle des acquisitions verbales.

Le but de nos dernières recherches, faites entre 1912 et 1914, a été de comparer, à divers points de vue, une forme de mémoire à prédominance sensorielle à cette autre forme de mémoire basée sur l'acquisition de symboles verbaux, en déterminant le comportement de la fixation et de l'oubli pour des tableaux de 10 lignes irrégulièrement disposées, aussi peu intellectualisables que possible.

(1) Ces recherches m'ont valu le *Priz Lallemand* (Système nerveux), à l'Académie des Sciences en 1911.

D'autre part, chez une série de sujets, nous avons examiné comparative-ment la mémorisation d'un tableau de 20 chiffres et d'un tableau de 10 lignes dans des conditions sensiblement identiques, et provoqué, après un même intervalle, le rappel et la réacquisition.

Il s'agit, dans ce dernier cas, de mémoire visuelle en apparence, mais dans laquelle prédominent en général les données kinesthésiques par exploration oculaire.

A côté de ces séries de recherches chez l'homme, d'autres furent instituées chez des animaux inférieurs, des Mollusques gastéropodes, en s'adressant aux modalités de ce phénomène : la disparition d'une réaction d'allure défensive à une obscuration passagère. Lorsqu'une ombre vient diminuer subitement l'intensité de l'éclairement reçu par un Gastéropode, celui-ci ramène vivement sa coquille pour s'en couvrir, et une réaction analogue se rencontre chez un grand nombre d'animaux, des Annélides tubicoles qui se renfoncent dans leur étui, des Lamellibranches qui ferment leurs valves, des Oursins qui hérissent leurs épines, etc.

Au bout d'un certain nombre d'obscurations, nombre d'autant moindre que les obscurations sont plus rapprochées, l'animal cesse de réagir pour quelque temps, puis, laissé en repos, recommence, mais cesse de nouveau après un moindre nombre d'excitations cette fois, si l'intervalle entre les deux séries n'est pas très grand.

Il s'agit donc bien d'une adaptation à une excitation devenue habituelle, et, si l'adaptation dans une deuxième expérience s'obtient plus vite que dans une première, c'est qu'il est resté de cette première une influence persistante, une trace mnémonique dont la grandeur sera justement mesurée par la différence entre les nombres d'excitations nécessaires dans les deux cas, par une « économie » au sens d'Ebbinghaus.

La disparition de la réaction est due à l'intervention d'un processus actif, de nature inhibitrice, ce qui ramène la fixation de la trace à la croissance d'un effet positif.

Et, dans l'étude des réflexes conditionnels par l'école de Pawlow, s'est peu à peu dégagée la notion de l'inhibition conditionnelle, processus associatif qui se fixe et s'évanouit comme tous les autres processus associatifs auxquels se ramènent les phénomènes de mémoire.

2° Lois d'établissement de la trace mnémonique.

Lorsqu'une excitation doit laisser dans un organisme une trace mnémonique, la fixation de cette trace évolue-t-elle parallèlement à l'action de l'excitation pour cesser avec elle, ou exige-t-elle une période d'établissement

susceptible de se prolonger au delà de la période d'excitation, et, dans ce cas, quel est l'ordre de grandeur de cet établissement de la trace ?

Telles sont les questions auxquelles j'ai tenté d'apporter expérimentalement une réponse.

On savait déjà qu'une acquisition mnémonique était plus économiquement obtenue, quand les répétitions fixatrices étaient suffisamment espacées que lorsqu'elles se suivaient à bref intervalle.

Deux interprétations étaient possibles : ou il n'y avait là que la conséquence d'une moindre *fatigue* due à l'éloignement des phénomènes d'acquisition, qui ne subissent de ce chef qu'une moindre diminution d'intensité au cours de leur répétition ; ou il s'agissait d'un phénomène de *maturation* organique consécutif à l'influence sensorielle au cours du processus d'acquisition, en sorte que la trace mnémonique continue à s'organiser, à se fixer, après la cessation de l'excitation, pendant une période véritable d'établissement.

L'hypothèse de la fatigue pouvait paraître plausible en ce qui concerne les efforts d'acquisition chez l'homme ; j'ai pensé qu'elle ne le serait guère si l'on retrouvait le phénomène dans cette acquisition particulière qui consiste, chez la Limnée, dans la suppression des réactions aux obscurations répétées, excitations négatives, et assurant en réalité un instant de repos pour les organes sensoriels excités par une lumière intense.

Et j'ai pu mettre en évidence, en effet, chez la Limnée et la Littorine, un intervalle optimum entre les excitations fixatrices successives : c'est que les effets mnémoniques de deux excitations consécutives s'ajoutent en totalité, quand la seconde ne survient qu'au moment où s'achève le développement total de l'effet de la première ; plus tôt, l'organisme ne bénéficie pas de cet effet total de la première excitation ; plus tard, l'évanouissement spontané ayant déjà commencé, il y a une *perie*. L'intervalle optimum donne donc la mesure de la durée d'établissement d'une trace mnémonique jusqu'à son maximum. Cette durée est d'environ 10 secondes chez la Limnée, 60 secondes chez la Littorine, elle atteint chez l'homme de 10 minutes à plusieurs heures (la période d'état asymptotiquement obtenue avant l'évanouissement étant très durable, en sorte que les intervalles sont équivalents pendant une très longue période), aussi bien pour la mémoire verbale que pour celle des tableaux de lignes.

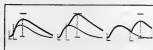


FIGURE 7.

Schéma de l'effet mnémonique de deux excitations successives : à gauche, la 2^e excitation survient avant que la première ait atteint son effet maximum. À droite, elle survient après ; au milieu, l'intervalle est optimum entre les excitations, dont les effets s'ajoutent sans *perie*.

J'ai déterminé la courbe de croissance de la trace, du progrès de la fixation, en fonction des répétitions successives et obtenu cette courbe en S qui est caractéristique de tous les phénomènes biologiques de croissance.

Cette même courbe se retrouve pour des souvenirs moteurs, pour des habitudes, comme la copie dactylographique d'une phrase, quand on oblige le sujet à taper les touches à rythme fixe, et qu'on enregistre le progrès des lettres correctement écrites (1).

3^e Loi de l'oubli.

C'est dans le beau travail d'Ebbinghaus (1885) que se trouve pour la première fois expérimentalement étudiée la question de l'oubli.

Ebbinghaus apprenait des séries de syllabes, les unes après les autres (8 séries de 13 syllabes dans chaque expérience).

La durée d'acquisition représentait la somme des temps de lecture et des temps de récitation, les temps de pause étant éliminés.

Au bout d'un certain intervalle, les séries étaient rattrapées de la même manière, et les temps de réacquisition comptés de même.

La grandeur de la trace mnémonique après chaque intervalle se trouvait très ingénieusement mesurée par l'économie de temps que l'acquisition antérieure assurait à la réacquisition, cette économie pouvant être ramenée à un pourcentage. Ainsi la décroissance de l'économie relative, en fonction de la grandeur des intervalles écoulés, permettait de suivre très exactement la décroissance de la trace mnémonique, l'évanouissement du souvenir.

La loi d'Ebbinghaus fut exprimée par la formule suivante : $w = \frac{K}{(\log t)^2}$.

Ou encore : Le quotient de la division de ce qui est retenu par ce qui est oublié est en raison inverse du logarithme des temps.

Mais, il y a un point, dans la méthode d'Ebbinghaus, qui aurait dû frapper les critiques : c'est qu'acquérir fragment par fragment les parties d'un ensemble ne peut être considéré comme représentant l'acquisition de cet ensemble. Quand on vient d'apprendre une série de syllabes, le fait d'en apprendre une nouvelle série tend à effacer le souvenir qu'on vient d'acquérir, et, lorsqu'on arrive à la dernière de ces séries, on ne sait à peu près plus rien de la première, si ces séries sont nombreuses, comme ce fut le cas dans les expériences d'Ebbinghaus. Il semble donc y avoir alors une perte presque immédiate du souvenir, perte artificielle et due aux efforts d'acquisitions

(1) Ch. Henry avait exposé une théorie fondée sur une différence de nature entre habitude et mémoire, du fait que la décroissance du temps nécessaire à l'exécution d'un acte répété ne présentait pas d'inflexion. Mais il suffit de prendre la réciproque des temps et d'inscrire les progrès des vitesses pour retrouver l'inflexion caractéristique de la courbe en S.

différentes immédiatement consécutifs, dont l'influence effaçante, par interférence, est considérable.

J'ai refait des expériences en évitant cette cause d'erreur et j'ai constaté que l'oubli ne devenait apparent qu'après plusieurs jours (séries de 50 chiffres chez l'homme).

Et, j'ai obtenu ensuite, une décroissance interpolable par une formule que je choisis du type d'Ebbinghaus, mais exigeant une constante de plus :

$$m = \frac{K(\log t)^\alpha}{t^\beta}$$

Or, cette même formule s'est montrée applicable, non seulement à l'oubli des tableaux de lignes, mais, à la décroissance de la trace mnémonique engendrée chez la Limnée ou chez la Littorine, par la méthode que nous avons indiquée, avec naturellement des constantes de temps très différentes (5 minutes équivalant à 30 jours chez l'homme, la perte par oubli, étant alors de 50 o/o).

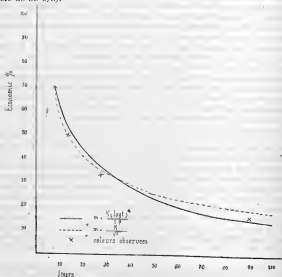


FIGURE 8.

Comparaison des courbes calculées par deux formules différentes de la loi d'oubli avec indication des valeurs empiriques chez un sujet (mémoire des tableaux de lignes).

D'autres types de formules pourraient être utilisés, bien qu'un peu moins satisfaisants, par exemple, le type plus simple : $m = \frac{K}{t^2}$.

4° *L'interprétation des lois.*

La similitude de l'évolution de la trace, quand on s'adresse à des souvenirs bruts chez l'homme et à des persistances de réflexes conditionnels comme chez la Limnée, montre que l'on obtient bien des lois de phénomènes organiques.

Ces phénomènes sont très semblables à ceux qui caractérisent l'évolution de la sensation, avec ses périodes d'établissement, d'état et d'évanouissement, d'allure tout à fait analogue.

De même que pour la sensation, la vitesse d'établissement et celle d'évanouissement sont en étroit rapport (bien que dans les diverses espèces animales examinées, j'aie trouvé que la phase d'évanouissement s'allongeait plus que celle d'établissement).

Mais les deux processus évoluent dans des échelles de temps différentes, d'autant plus différentes qu'on s'adresse à des organismes au système nerveux plus évolué. (Or, on confond souvent la « mémoire immédiate » qui relève de la persistance sensorielle avec la mémoire vraie impliquant fixation d'une trace). En ce qui concerne les tentatives séduisantes d'interprétation physico-chimique (Brailsford-Robertson), je me suis rapidement convaincu qu'elles étaient prématurées, se fondant sur des courbes d'un caractère biologique trop banal, et j'en ai donné la facile démonstration.

TITRE VII

L'émotion

1° *Dynamogénie émotionnelle et théorie de l'émotion* (78 ; 103 ; 210 ; 222 — 12 ; 17).

J'ai toujours combattu la théorie dite périphérique de l'émotion, faisant

de celle-ci la conscience de modifications musculaires et viscérales engendrées par certaines excitations, théorie généralement abandonnée aujourd'hui, mais, très en faveur, il y a une vingtaine d'années.

Libéré de ce préjugé très puissant que les phénomènes psychiques ne pouvaient avoir leur siège que dans l'écorce cérébrale, j'ai soutenu, dès 1907, que l'émotion avait son siège dans les ganglions de base thalamo-striés, et que ses effets se traduisaient, aussi bien dans la périphérie de l'organisme que dans la sphère associative corticale.

Admettant l'intéressante conception de Lapicque d'après laquelle l'émotion est caractérisée par une décharge excessive d'énergie nerveuse, débordant les voies frayées des réactions de défense, et inondant les voies viscérales, d'où des relâchements sphinctériens, des arrêts sécrétoires, entre autres effets organiques, dont il est vain de chercher des interprétations finalistes, j'ai tenté de montrer que, sous sa forme légère, l'émotion, libératrice d'énergie nerveuse, apparaissait dynamogénique, en renforçant des réactions motrices ; ainsi, peut être obtenue la réaction autotomique du crabe retenu par la patte et menacé par un Poulpe, alors que cette réaction n'est obtenue d'aucune autre manière en dehors de l'excitation violente du nerf de la patte.

Le premier stade de l'émotion n'entraînerait donc qu'une dynamogénie encore canalisée, soit faute d'une réserve suffisante d'énergie nerveuse (animaux inférieurs) soit faute d'une intensité suffisante du choc émotionnel (influence utile de l'émotion chez l'homme, assurant de l'éloquence, de la présence d'esprit, etc.).

« La grande émotion, entraînant l'inondation nerveuse des voies sympathiques, serait un privilège des animaux supérieurs à système nerveux central quantitativement bien développé, avec d'importantes réserves cérébrales d'énergie, cette grande émotion, biologiquement néfaste, avec ses manifestations diffuses et contradictoires, empêchant les mécanismes adaptés de défense de s'exercer utilement et épuisant le système nerveux jusqu'à entraîner des conséquences pathologiques dont nous avons vu, au cours de la guerre, la fréquence et la gravité » (246, p. 945).

Nombre d'auteurs s'attachent soigneusement à montrer que, chez l'homme, les noyaux de base du cerveau ont bien réellement des fonctions psychiques (J. Camus, Laignel-Lavastine, etc.). Or, il fut une époque, qui n'est pas bien éloignée, où l'on refusait aux poisons la mémoire parce que l'écorce cérébrale leur manquait, comme si les fonctions ne présentaient pas à la différenciation des organes !

2° La réaction glycémique émotionnelle (309 ; 350 ; avec E. DERRIEN).

Nous avons recherché, avec Derrien, l'intensité de la réaction glycémique signalée par Cannon, (augmentation du sucre du sang), sous l'in-

fluence d'une cause d'émotion assez constante et naturelle, la ponction lombaire, et, en même temps, nous avons mis en évidence une variation glycorhachique (augmentation du sucre du liquide céphalo-rachidien), sous la dépendance de la réaction glycémique.

Une étude chez 16 individus, comprenant des imbéciles, des paralytiques généraux, des épileptiques, des anxieux, nous a montré que l'hyperglycémie était fonction de l'intensité de l'émotion d'une part, et de la répression des manifestations motrices de l'autre, et comportait au maximum, dans les conditions réalisées, un accroissement de 50 o/o de la glycémie primitive (chez les hyperémotifs pathologiques).

Le phénomène de balancement entre la décharge motrice (agitation, cris, etc.), et la décharge nerveuse viscérale (traduite par la réaction glycoé-mique) se montre bien en faveur de la théorie de l'émotion qui y voit un phénomène de libération excessive d'énergie nerveuse.

3° La réaction psycho-galvanique (130 ; 131 ; 144 ; 167).

J'ai constaté une série de recherches au phénomène décrit par Féré et étudié par Veraguth, de l'augmentation d'intensité d'un courant traversant l'organisme sous l'influence de processus psychiques.

J'ai tout d'abord montré que deux phénomènes différents devaient être distingués : 1° une augmentation de l'inégalité de potentiel existant entre deux surfaces cutanées sous l'influence de processus mentaux quelconques (constatable avec un galvanomètre assez sensible, sans source extérieure de courant, et due probablement à des dissymétries dans les variations du tonus musculaire) ; 2° une diminution de la résistance cutanée, très notable, exclusivement provoquée par des phénomènes affectifs.

J'ai établi par des expériences décisives la réalité de ce deuxième phénomène qui était alors mis en doute, éliminant l'influence des variations de contact invoquées, quand on faisait tenir les électrodes dans la main (en employant des électrodes en forme de dés, des électrodes liquides, etc.), et j'ai montré que l'origine n'en était point vasculaire, établissant, en particulier contre Radecki, que la variation émotive n'était pas modifiée par la bande d'Esinach : entre les deux doigts de la main exsangue, comme entre les deux doigts de la même main à l'état normal, comme entre les doigts des deux mains, des variations physiogalvaniques ont été également constatées sans aucune différence systématique d'intensité, sous l'influence de l'émotion provoquée par une excitation douloureuse ou par un bruit inattendu et violent, comme sous l'influence de soupirs, de respirations profondes, paraissant agir par évocation d'émotions.

J'ai attribué la variation de résistance à une augmentation affective de

la sécrétion sudorale, ramenant le phénomène à un cas particulier de ce que G. Dumas a appelé « l'expression polygandulaire des émotions ».

La dualité de variation de résistance cutanée et de dissymétrie de potentiel électrique est définitivement admise aujourd'hui et le mécanisme sudoral peut être considéré comme démontré à la suite de nombreux travaux consacrés ces dernières années à la réaction psychodermique.

TITRE VIII

Divers

1° Le comportement du Poulpe vis-à-vis de ses proies (152).

La manière dont les Poulpes viennent à bout de leurs proies n'avait pas été élucidée. J'ai pu expérimentalement résoudre ce problème et j'ai étudié l'action toxique de l'extrait des glandes salivaires :

La salive de l'*Octopus vulgaris* a la même toxicité pour le crabe que celle des autres Céphalopodes ; il est à noter pourtant que les convulsions peuvent faire défaut chez le crabe intoxiqué ou se réduire à des tremblements ; la pénétration du poison ne se fait pas par morsure, mais probablement par la voie du courant d'eau respiratoire.

La même action paralysante que chez le crabe s'exerce chez les Lamellibranches, à l'opposé de certaines assertions, avec des différences spécifiques et individuelles de sensibilité ; le tonus des adducteurs est d'abord atteint, puis leur capacité de contraction, et enfin celle de l'orbiculaire (rétracteur du siphon) et des rétracteurs du pied.

C'est cette action paralysante vis-à-vis des muscles toniques qui permet au Poulpe d'ouvrir la coquille :

Pour venir à bout de la résistance des Lamellibranches dont il fait sa proie, l'*Octopus* combine les efforts de traction sur les valves et la salivation, introduisant probablement la salive par l'entrebâillement qu'il réussit momentanément à produire au cours d'un effort de traction, et profitant de la diminution de résistance opposée par les adducteurs pour ouvrir complètement les valves, brisant les ligaments. Pour introduire la salive à l'inté-

rieur du Cardium, il commence par éroder quelques dents sur le bord postérieur des valves, ce qui assure un orifice permanent.

Avec les Lamellibranches affaiblis, la résistance des adducteurs est vaincue du premier coup par l'effort de traction du Poulpe.

2° Le mode d'alimentation des Némertes (165).

L'éthologie des Némertes est très mal connue; en particulier, on ne sait que fort peu de chose sur leur mode d'alimentation. Or, j'ai pu assister au « repas » d'un *Lineus longissimus*. La Némerte coiffa une Arénicole et la vida entièrement par succion, en plus de 12 heures. Il y avait eu aspiration de liquides, sans digestion aucune des tissus; c'est ce qui explique cette remarque de Joubin: « Il est assez singulier de voir que ces animaux, dont plusieurs sont de grande taille et très actifs, ont toujours l'intestin vide quand on les étudie ». (*Némertiens, Traité de Zoologie* de BLANCHARD, p. 22).

3° Ethologie des animaux (49; 52; 53; 69; 70; 93; 108; 109; 214; 239).

J'ai étudié l'éthologie d'un certain nombre d'animaux vivant dans la zone de balancement des marées, les Actinies, les *Convoluta* (facteurs d'ascension à la surface et de descente dans le sable de ces petits vers vivant en symbiose avec une algue, une Zoochlorelle), les Gastéropodes, (Patelle, Calyptrée, Nasse, etc.), et apporté une contribution personnelle à nos connaissances sur la biologie de ces animaux.

J'ai montré que les temps de réaction des Actinies (ouverture sous l'influence de l'agitation de l'eau) restaient sensiblement constants entre 16°5 et 27°, échappant ainsi à la règle de Van't Hoff. On pouvait pourtant s'attendre à l'existence d'un coefficient thermique par prédominance de réactions chimiques cellulaires; j'ai indiqué les raisons possibles de cette indépendance apparente de la vitesse de réaction vis-à-vis de la température (239).

J'ai étudié également l'éthologie de divers insectes, des Ephippigères (*E. rugosicollis* Serv.) et de plusieurs espèces de fourmis, les *Messor barbarus* particulièrement (fondation de nouvelles colonies) et les *Lasius* (mise en réserve du succharose dans le nid, après inversion par une diastase salivaire, sous forme de boulettes d'un sucre réduisant la liqueur de Fehling).

4° Le vol des Insectes (110).

J'ai examiné chez une vingtaine d'espèces d'insectes, le rapport de la surface portante des ailes au poids du corps, et recueilli les données déjà connues (le nombre de millimètres carrés par centigramme allant de 1,7 à 287 suivant les espèces).

J'ai, d'autre part, chez une espèce (*Libellula sanguinea*) comportant des individus de tailles très différentes, déterminé la variation de ce rapport qui décroît régulièrement, quand le poids augmente (52 mm³ 8 par centigramme pour un poids moyen de 14 cgr. ; 45,6 pour 17 cgr. ; 40 pour 20 cgr. ; 36 pour 23).

Le comportement du vol permet une adaptation (par augmentation de la fréquence des coups d'aile), quand le rapport varie (par surcharge de l'animal ou diminution de la surface portante due à une section partielle de l'aile). La libellule vole encore, si elle n'est point fatiguée, avec la moitié de sa surface alaire normale.

5° Les limites de l'activité volontaire (79).

J'ai posé le problème des mécanismes par lesquels peut s'étendre une action volontaire sur des processus moteurs ou sécrétoires, normalement soustraits à l'action de la volonté, et ai entrepris des expériences (restées inachevées) qui m'ont montré le rôle des actions indirectes (modifications de la fréquence cardiaque par action sur la respiration ou par évocation de processus affectifs).

SECTION D

Neurophysiologie et neuropathologie

TITRE I

Physiologie du sommeil

1. *Les caractéristiques physiologiques du sommeil* (4 — 143 ; 149).

J'ai étudié expérimentalement un certain nombre des concomitants physiologiques du sommeil (respiration, pression sanguine, fréquence du pouls, vitesse de l'onde pulsatile, température périphérique et centrale, position des yeux, réflexes, etc.).

J'ai été conduit à distinguer les effets habituels du sommeil, non absolument nécessaires, et les caractéristiques propres de cet état.

Parmi les premiers, on peut signaler la diminution de fréquence des battements cardiaques (avec effacement du diastolisme résultant de la moindre rapidité de décontraction), et des mouvements respiratoires, avec tendance à une pause d'expiration ; la vaso-dilatation périphérique, surtout dans la région céphalique, avec diminution apparente du nombre des globules, augmentation de la sueur et de la température cutanée, et une vaso-dilatation cérébrale inconstante ; la diminution de l'acide carbonique inspiré, moindre que celle de l'oxygène absorbé, d'où abaissement du quotient respiratoire ; la diminution de la sécrétion urinaire, corrélative de la moindre activité circulatoire et de la baisse de pression artérielle ; la moindre production de chaleur.

La plupart de ces phénomènes sont surtout conditionnés par le repos musculaire qu'implique l'état hypnique et certains peuvent se produire aux heures de sommeil, en l'absence de celui-ci, par suite d'une persistance rythmique.

Les caractéristiques du sommeil normal résident dans la grande élévation des seuils d'excitabilité (pour les réflexes et surtout pour les réactions adaptées, élaborées), avec abaissement assez brusque lorsqu'un certain seuil de réveil est atteint (ce qui permet la mesure de la profondeur du sommeil), et d'autre part, dans l'absence à peu près complète d'activité spontanée, avec abaissement général du tonus musculaire, et hypertonies localisées (orbiculaire fermant la paupière, sphincter iridien contractant la pupille, muscles petits obliques portant les yeux en haut et en dehors), répondant à un mécanisme de protection contre les excitations de la vue.

2° *La polygénèse des états de sommeil* (4 — 87 ; 149).

Des états de sommeil, comportant la disparition de l'activité spontanée, la diminution d'excitabilité, le relâchement musculaire et l'absence de réactions élaborées, peuvent être produits par un très grand nombre de facteurs, et leur intensité peut aller depuis la somnolence jusqu'au coma le plus profond, où toute vie de relation est abolie.

Il existe une parenté générale entre tous ces états, qui peuvent être engendrés par des facteurs variés : intoxications relevant de nombreux agents qui entraînent l'apparition de sommeil avec plus ou moins de perturbations concomitantes ; auto-intoxications du diabète, de l'urémie, du myxœdème, de l'insuffisance surrénale ou hépatique, de la suppression fonctionnelle du foie, etc. ; asphyxie ; anémie cérébrale et grandes hémorragies ; congestions cérébrales et processus inflammatoires des méninges, du canal épendymaire, etc. ; compression du cerveau ; tumeurs cérébrales ; action du froid ; brûlures ; traumatismes ; dépression barométrique ; manœuvres dites hypnotisantes ; influences saisonnières, etc.

La multiplicité des facteurs montre qu'il est impossible, en se basant seulement sur la similitude des résultats, d'attribuer au sommeil quotidien un mécanisme hypnogène dont on a pu constater l'existence réelle dans des conditions quelconques.

C'est le cas, en particulier, du sommeil hibernant consistant en une torpeur, qui est la simple conséquence d'un abaissement thermique, d'une défaillance de la thermogénèse, faisant d'un animal homéotherme, pendant l'hibernation, un véritable animal à sang froid. Les centres supérieurs ne peuvent fonctionner, une fois réalisé l'abaissement thermique, et ne reprennent leur activité qu'après réchauffement de l'organisme.

3° La cause du sommeil (4 — 83 ; 84 ; 85 ; 87 ; 149 — Avec R. Legendre : 86 ; 88 ; 127 ; 128 ; 133 ; 134 ; 135 ; 140 ; 148).

Ce n'est ni dans les phénomènes physiologiques qui accompagnent le sommeil, ni dans les facteurs qui régissent l'apparition d'un « état de sommeil » que l'on peut trouver la cause réelle cherchée.

C'est quand se manifeste le « besoin de sommeil », qu'on a chance de découvrir cette cause, en train d'engendrer son effet.

Et, dès lors, en augmentant le besoin de sommeil, on doit rendre la cause plus apparente.

La méthode que je conçus fut, en conséquence, la suivante : en retardant le sommeil d'un animal, d'un chien, en lui imposant une insomnie prolongée, jusqu'à ce que le besoin hypnotique devint tout à fait impérieux, on pourra, par l'analyse des conditions physiologiques réalisées à ce moment découvrir le facteur efficace.

Au cours de recherches prolongées, à la plupart desquelles collabora mon ami R. Legendre, il a été possible, en premier lieu d'éliminer toute une série de théories du sommeil, telles que celles de la variation osmotique (la teneur en eau du sang, de la substance cérébrale ne change pas), ou de l'autonarcose carbonique (il n'y a aucune variation systématique de la teneur du sang en acide carbonique).

En revanche, des constatations positives furent faites :

Chez tous les animaux présentant le besoin impérieux de sommeil, on rencontre des altérations cellulaires, exclusivement localisées dans le lobe frontal, les autres lobes du cerveau, le cervelet, la bulbe, la moelle, les ganglions spinaux restant parfaitement normaux. Dans ce lobe même, les seules cellules atteintes sont les grandes pyramidales et les polymorphes. Leur corps cellulaire est diminué, souvent déformé et vacuolisé ; on observe des varicosités dendritiques d'aspect vacuolaire ; le noyau et le nucléole sont souvent excentriques, le nucléole est parfois double ; il y a chromatolyse d'une façon constante ; enfin la neurophagie n'est point rare.

Lorsqu'un animal, parvenu au besoin impérieux de sommeil, est laissé libre de dormir à son gré, toutes les altérations ci-dessus indiquées disparaissent complètement. En outre, fait capital : *Les altérations cellulaires de l'insomnie et le besoin impérieux de sommeil peuvent être transmis d'un animal insomniaque à un animal normal.*

En injectant, dans une veine, à un chien normal, du sérum sanguin provenant d'un chien insomniaque, on n'obtient pas au point de vue physiologique des résultats bien nets, lorsqu'on examine par comparaison un chien témoin recevant, par kilogramme, une égale quantité de sérum normal ; mais de légères altérations apparaissent dans le lobe frontal. Il en est de même lorsqu'on injecte de l'émulsion cérébrale d'un animal insomniaque,

l'émulsion d'un animal normal ne provoquant, pas plus que le sérum normal, de modification des cellules cérébrales.

Lorsque les injections sont faites, à raison de 0 cm³, 5 à 1 cm³ par kilogramme, dans le quatrième ventricule, par voie occipito-atlantoidienne, de manière à mettre directement en contact les liquides injectés avec les centres nerveux, et à condition de prélever d'abord une quantité de liquide céphalo-rachidien égale à celle du liquide à injecter, pour éviter les phénomènes de compression (se traduisant par de la somnolence), on obtient alors des résultats physiologiques d'une grande netteté : au bout d'un temps variable après l'injection, une demi-heure en moyenne, il se manifeste un engourdissement progressif auquel l'animal cherche à résister ; il ne se couche pas, mais ses membres fléchissent par moment et il se ressaisit de façon passagère ; les yeux ne peuvent rester ouverts ; l'attention est difficilement obtenue et ne dure pas ; des réactions ne se produisent que pour des excitations de très grande intensité. On obtient ces résultats, aussi bien par injection de sérum que de plasma cérébral ou de liquide céphalo-rachidien ; mais, ce dernier produit les altérations histologiques les plus intenses et les phénomènes physiologiques les plus nets. Les mêmes injections, avec des liquides empruntés à un chien normal, ne provoquent rien de tel. Histologiquement, dans le second cas, le cerveau reste entièrement normal, tandis que, dans le premier, on constate les altérations cellulaires caractéristiques de l'insomnie, localisées dans les grandes pyramides et les polymorphes du lobe frontal, et dont l'intensité est en rapport avec celle des phénomènes physiologiques.

Enfin, la propriété hypnotoxique, corrélatrice du sommeil impérieux est détruite par chauffage à 65° ; elle ne dialyse pas et ne traverse pas les ultra-filtres de collodion ; elle disparaît par oxydation prolongée et se retrouve dans la partie du sérum insoluble dans l'alcool et soluble dans l'eau distillée.

On peut parler d'« hypnotoxine » pour désigner cette propriété — analogue aux propriétés diastatiques, et qui paraît liée à la désintégration des albumines cérébrales — entraînant une suspension de l'adaptation sensorimotrice de l'animal à son milieu, de l'activité des centres supérieurs.

4° *Le mécanisme normal du sommeil* (4 — 87 ; 149 — 39).

Dans les conditions normales, le sommeil paraît dû à une inhibition des fonctions d'adaptation sensorimotrice, et l'on a parlé depuis longtemps de l'« instinct de sommeil ». (Claparède, en particulier). C'est qu'il ne faut pas confondre cause et mécanisme.

Prenons l'exemple de la respiration : si l'on empêche un chien de respirer, les efforts respiratoires croissent en fonction de l'accumulation d'acide

carbonique dans le sang ; c'est là le facteur causal. Mais, normalement, l'animal respire sans attendre que l'acide carbonique s'accumule ; il y a réaction anticipée et rythmisation.

De même, la suppression des fonctions cérébrales se trouve produite par accumulation d'un facteur toxique, mais cette suspension se produit pour des doses minimales du toxique, par anticipation, et elle réapparaît même rythmiquement, comme les mouvements de l'estomac, générateurs de la faim, se produisent à heure fixe, quand les heures des repas sont régulières.

Le sommeil nous ramène à la notion des persistances rythmiques et à la loi générale de l'anticipation que nous avons dégagée de l'étude d'autres phénomènes biologiques.

Concluant son rapport à l'Académie des Sciences pour l'attribution du prix Lallemand à nos recherches sur le sommeil, avec R. Legendre, DARWIN disait en 1914 : « Que pourrait-on demander de plus pour attribuer une valeur définitive à ces résultats ? ».

Parlant à l'occasion de mon livre (qui me servit de thèse de doctorat en Sciences), de la question du sommeil, L. LAROCHE déclare qu'elle « doit à M. Piéron, le progrès le plus substantiel qu'elle ait jamais réalisé », *Revue générale des Sciences*, 1913, p. 85). Les faits sont devenus rapidement classiques et figurent dans les traités et manuels récents de Physiologie (Cf. par exemple : GLEY, *Traité élémentaire de Physiologie*, 3^e édition, 1913, p. 1078 ; LUCAS, *Human Physiology*, Trad. Welby, T. IV, 1917, p. 467, etc.).

TITRE II

Reflexes et tonus musculaire⁽¹⁾

¹ Les réflexes tendineux (120 ; 124 ; 143 ; 184 ; 187 ; 189 ; 190 ; 193 ; 221).

L'analyse des réflexes tendineux, à laquelle j'ai procédé avec un dispositif technique ad hoc m'a fourni toute une série de données.

En premier lieu, elle m'a permis de mettre hors de doute la nature réflexe véritable de ce qu'on appelait encore quelquefois le « phénomène du genou », (knee-jerk, en anglais), quand on voulait désigner le réflexe rotulien, et de formuler la loi générale de ces réflexes, qu'on peut appeler « mus-

(1) Ces recherches m'ont valu en 1911 le Prix Montyon de Physiologie expérimentale, à l'Académie des Sciences

eulo-tendineux », dont les réflexes, dits « périostés » ne représentent qu'une forme :

« Lorsqu'un muscle, ou un groupe musculaire, se trouve soumis, par un procédé quelconque, à une traction subite et brusque tendant à l'allonger, mais qui n'est pas le fait d'une contraction antagoniste, il réagit brusquement par une contraction compensatrice unique, de caractère clonico-tonique, commandée par un centre médullaire ».

En enregistrant à la fois les myogrammes des muscles du réflexe et des antagonistes, on constate que ceux-ci interviennent dans le réflexe, d'abord par une réaction hypotonique, par un relâchement réflexe et ensuite par une contraction. La grandeur et la vitesse du mouvement réflexe est la résultante de l'intensité et de la vitesse de contraction des muscles antagonistes ; c'est donc une résultante très complexe, d'où la nécessité d'une analyse de la notion d'exagération du réflexe utilisée en clinique, (l'exagération vraie étant fournie par l'abaissement du seuil de la contraction musculaire réflexe).

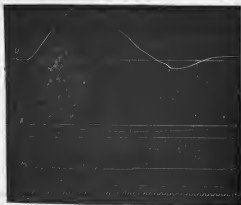


FIGURE 9.

Type d'analyse du réflexe rotulien :

- Q, myogramme du droit antérieur.
- H, myogramme du biceps crural, montrant la réaction réflexe hypotonique des antagonistes.
- M, inscription de l'extension de la jambe (depuis le départ jusqu'au début du retour).
- T temps (1/50 de seconde périoscillation double). Excitation avec le marteau réflexométrique soulevé de 75°. Réaction (mouvement de la jambe) de 15° d'extension.

En second lieu, j'ai montré que le myogramme d'un réflexe tendineux manifestait une double réponse que l'analyse physio-pathologique révèle être d'une part une secousse, d'autre part, une ondulation tonique, faisant défaut en cas d'atonie, (dans les syndromes cérébelleux, par exemple). Et, dès lors, on peut, en pathologie, interroger séparément le système clonique et le système tonique, en examinant le comportement de ces deux réponses réflexes à la percussion tendineuse.

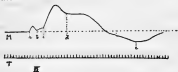


FIGURE 10.

Réflexe rotulien normal : Myogramme du droit antérieur.

En a, se marque l'ébranlement mécanique de la percussion par le marteau. En b, réaction idio-musculaire; en c, secousse réflexe; en d, apparition de la réponse tonique; en e, ondulation hypotonique consécutive. T. temps, en centièmes de seconde.

Enfin, j'ai dissocié le réflexe tendineux véritable sous ses formes multiples (tous les muscles réagissant à un étirement brusque), en éliminant certains pseudo-réflexes (1), de la réaction idio-musculaire, contraction pro-

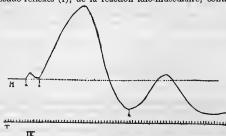


FIGURE 11.

Réflexe rotulien dans un état hypotonique d'origine commotionnelle (identique à celui, dit « pendulaire », obtenu dans les syndromes cérébelleux).

(1) Ainsi en est-il du pseudo-réflexe « médio-plantaire », qu'avait eu découvrir Guillaïn. — « Le réflexe médio-plantaire n'est autre, comme l'a fait remarquer Piéron, que le réflexe achilléen », dit CASTEX (Soc. de Biologie, 1917, p. 680). — « Nous acceptons à ce point de vue, dit RIMBAUD, les conclusions des recherches expérimentales de Piéron sur le réflexe du pied » (Presse médicale, 1917, p. 539).

voquée dans le muscle par excitation mécanique directe (par percussion, excitant, soit les terminaisons nerveuses motrices intra-musculaires, soit des fibres mêmes du muscle).

Et, dans le myogramme du réflexe musculo-tendineux, j'ai montré que, fréquemment, un petit ressaut initial révélait cette réponse idio-musculaire, survivant, chez les tabétiques, à l'abolition du réflexe (1).

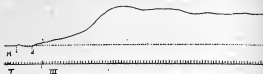


FIGURE 12.

Réflexe rotulien ne comprenant que la réponse hypertonique (dans un cas de contracture du quadriceps incomplètement disparue).

Mes recherches physiopathologiques furent effectuées au cours de la guerre et je ne sus que tardivement, après en avoir publié les premiers résultats (avril 1917), que Sherrington, d'une part, Langelaz, de l'autre, avaient publié des travaux dans *The Brain*, à la fin de 1915, où, de recherches sur l'animal, ils concluaient, l'un et l'autre, à la dualité clonico-tonique des réflexes tendineux.

BURMEN, qui a adopté ma technique d'étude, a confirmé mon analyse chez l'homme, apportant dit-il « un nouvel argument à l'hypothèse de Sherrington et Langelaz et celle de Piéron, relative à la dualité clonico-tonique des réflexes tendineux ». (*Société Belge de Biologie*, 1920, p. 1564). « L'existence de ces phases clonique et tonique semble mise hors de doute depuis les travaux de Piéron », disent FOIX et BENOIST (*Revue neurologique*, 1922, p. 1389).

2° Le tonus musculaire (191 ; 192 ; 219).

Au moment où se posait le problème des innombrables contractures de guerre, de ces hypertonies au comportement paradoxal, que l'on considérait souvent comme pithiatiques, alors qu'elles étaient d'origine médullaire, (comme je l'établis d'après le temps de latence de réactions contracturales), je m'efforçai de montrer ce que, pour la pathogénie et le traitement de ces contractures pouvait apporter une conception du mécanisme normal du tonus, sans négliger les données fournies par la physiologie comparée (contracture normale des muscles toniques des Lamellibranches).

(1) En faisant l'étude électro-myographique des réflexes tendineux, FOIX, YACOWT et THÉVENAZ ont retrouvé cette réponse idio-musculaire initiale (*Revue Neurologique*, 1923, p. 79).

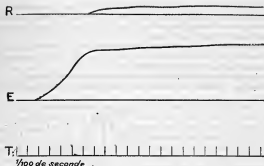


FIGURE 13.

Réaction hypertonique du quadriceps chez un commotionné avec contracture en extension des membres inférieurs.

E. Excitation par soulèvement de la cuisse (comprimant une poire de caoutchouc reliée à un tambour avec une même longueur de tube que le myographe).

R. Réaction hypertonique (myogramme du quadriceps). La latence est inférieure à 5 centièmes de seconde. (Une réaction psychique exigerait la triple).

Je rappelai les faits qui imposaient la dualité des mécanismes dans le fonctionnement des muscles striés, schématisable ainsi :

Fonctionnement clonique.	Fonctionnement tonique.
Contraction brusque et brève.	Contraction lente et persistante.
Élévation thermique.	Abaissement thermique.
Gaspillage d'énergie.	Rendement économique.
Epuisement rapide.	Résistance indéfinie.
Intoxication par la fatigue.	Absence de fatigue.
Métabolisme d'hydrates de carbone (acide lactique).	Métabolisme albuminoïde (créatine).
Fonctionnement des myofibrilles.	Fonctionnement du sarcoplasme.
Innervation cérébro-spinale.	Innervation sympathique.

Et, je montrai la nécessité d'envisager, en outre, une dualité du tonus, notion nouvelle :

« Le tonus; assuré par le fonctionnement sarcoplasmique, avec métabolisme albuminoïde (créatine), très peu dispendieux au point de vue énergétique, est régi, d'un côté par les ganglions de la chaîne sympathique, dont l'impulsion pénètre dans les nerfs des membres par les *rami communicantes*, et de l'autre par un système cérébello-mésencéphalo-médullaire. Le sympathique assure un certain degré de tonus de repos, le système cérébello-médullaire influencé par le labyrinthe et par les excitations sensibles

venues des articulations, des muscles, etc., assure un jeu variable de raccourcissements toniques dans les divers groupes musculaires antagonistes, régit ainsi les attitudes compatibles avec l'équilibre du corps, et favorise les contractions cloniques volontaires.

« L'hypertonie, la contracture, peut relever d'une perturbation irritative du sympathique, se traduisant en même temps par une hypertonie vasculaire, une vaso-constriction associée.

« La contracture et l'hypotonie peuvent résulter, d'autre part, d'une perturbation irritative ou destructive du système cérébello-médullaire du tonus.

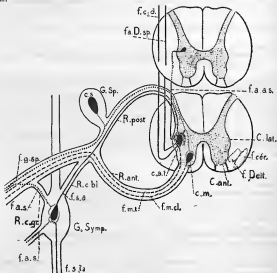


FIGURE 14. — Schéma de l'innervation tonique.

La cellule motrice du tonus (c.a.t.), située dans la corne latérale de la moelle (C.lat.), envoie son prolongement (f.m.t.) jusqu'au muscle strié par la racine antérieure (R.ant.), côté à côté avec la fibre motrice clonique (f.m.cl.) de la cellule (c.m.) de la corne antérieure (C.ant.). Cette cellule tonique subit des influences excitatrices et régulatrices des terminaisons sensitives du muscle et des cellules ganglionnaires spinales (voie f.s.p., e.s.), et des cellules du ganglion sympathique (G.symp.) subissant elles-mêmes des influences multiples (c'est la possibilité de contractions dont l'origine réside dans une irritation sympathique), les voies conductrices passant dans les deux cas par les racines postérieures (R.post.); elle est également soumise à une action de l'encéphale, du cervelet, par les fibres (f.c.a.), du faisceau cérébelleux (f.cér.) et du noyau de Deltors, par les fibres (f.s.D.sp.) du faisceau Deltéro-spinal (f.Delt.), sans compter les actions coordonnées dues aux fibres autonomes d'association intra-médullaires (f.a.a.).

« Les troubles commotionnels ont fourni des exemples de contractures ou d'hypotonies du deuxième groupe, par lésions superficielles, généralement susceptibles de rétrocession. Les blessures de guerre des membres ont véritablement révélé les contractures du premier type, conséquences directes d'une irritation exercée à distance sur le sympathique, appareil d'innervation du tonus » (191).

Ulérieurement, je précisai ma conception des mécanismes nerveux du tonus, en introduisant une distinction supplémentaire, et en juxtaposant au tonus de repos (ou tonus résiduel), et au tonus d'attitude, un tonus de soutien :

« La fonction tonique des muscles striés, fonction essentiellement statique, comporte, semble-t-il bien, un mécanisme musculaire distinct de la fonction clonique, dynamique. Elle relève du système nerveux autonome. Elle implique un certain état de raccourcissement permanent, faible, peu variable à l'état normal, et régi par les ganglions de la chaîne sympathique (tonus résiduel ou tonus de repos), et, d'autre part, un raccourcissement variable en rapport avec la coordination générale des attitudes segmentaires pour le maintien de l'équilibre (tonus d'attitude) et avec les mouvements soutenus des membres (tonus de soutien), régi par les divers centres du système autonome, cellules des cornes latérales, noyau de Deiters et cervelet.

« Dès lors, il est nécessaire, au point de vue neurologique, d'envisager à part les voies motrices cloniques (écorce, voies pyramidales, cornes antérieures) et les voies motrices toniques (cervelet, noyau de Deiters, cordons antérolatéraux, cornes latérales), qui peuvent être en certains cas (polio-myélite antérieure, sclérose latérale amyotrophique, sclérose en plaque, syringomyélie, etc.), très inégalement atteintes » (219).

Et, je schématisai le mécanisme des trois sortes de tonus dans le tableau suivant :

	TONUS DE REPOS	TONUS D'ATTITUDE		TONUS DE SOUTIEN
		RÉGULATION LOCALE	RÉGULATION GÉNÉRALE	
Origine des influx.	Muscles, vaisseaux, peau, etc.	Muscles, tendons, peau, etc.	Muscles, tendons, peau, Labyrinth.	Centres moteurs corticaux.
Voies afférentes (sensitives).	Fibres sympathiques ganglionnaires. Fibres sympathiques du nerf spinal et racines grises.	Nerf spinal et racines postérieures.	Nerfs optiques et trochilaires postérieurs, faisceaux oculo-bulbaires dorsaux. Nerf vestibulaire.	Faisceaux cérébelleux moyens.
Centre régulateur.	Ganglion sympathique.	Cornes latérales d'un segment oculo-bulbaire.	Noyau de Deiters (cervelet).	Cervelet.
Voies associatives.	Racines blanches et racines postérieures.	Faisceaux longitudinaux d'association.	Faisceaux détro-spiraux (cordons antéro-latéraux).	Faisceaux cérébelleux descendants (cordons antéro-latéraux).
Centre moteur.	Corne latérale.	Corne latérale.	Corne latérale.	Corne latérale.
Voies efférentes.	Racines antérieures et nerf spinal (fibres antérieures).	Racines antérieures et nerf spinal (fibres antérieures).	Racines antérieures et nerf spinal (fibres antérieures).	Racines antérieures et nerf spinal (fibres antérieures).

La notion de la pluralité des formes de tonus commence à s'introduire en neurologie : FOIX et BERNARD pensent que « sur un fond de tonus résiduel (Piéron) s'exercent des renforcements toniques : un tonus d'action, un tonus de posture » (*Rev. neurol.*, 1922, p. 1196); FOIX et TRÉVESARD déclarent, d'autre part, que « le tonus d'action est évidemment à rapprocher du tonus de soutien de Piéron » (*Rev. neurol.*, 1922, p. 951).

Quant au rôle des cellules autonomes de la corne latérale de la moelle dans le mécanisme du tonus, il est actuellement reconnu par Langéhan.

3° Le temps de latence des réflexes (158 ; 185 ; 186 ; 235 ; 236).

Les principaux résultats de mes recherches sur le temps de latence des divers réflexes tendineux ont été les suivants :

1° « Les temps de latence des réflexes tendineux sont compatibles avec une localisation médullaire de ces réflexes ; leurs variations suivant les réflexes explorés prouvent bien la réalité de cette localisation et impliquent une vitesse de l'influx nerveux d'environ 100 mètres à la seconde, le long des troncs des nerfs ;

2° « Le « temps propre du réflexe » (temps de transformation de l'excitation en réaction motrice) est variable chez un même individu, décroissant en fonction de l'augmentation de l'intensité efficace de l'excitation (augmentation de l'intensité absolue, ou de l'intensité relative par accroissement de l'excitabilité : manœuvre de Jendrassik) ; il est peu variable d'un individu à l'autre, à intensité constante, mais l'est davantage chez les individus atteints de lésions nerveuses, la brièveté des temps étant approximativement proportionnelle au taux de l'excitabilité réflexe.

3° « Les limites pathologiques extrêmes de ce temps propre du réflexe ont été trouvées comprises entre 0 sec. 008 et 0 sec. 050, avec un temps moyen normal oscillant autour de 0 sec. 025 », (186, p. 659).

La décroissance des temps de latence des réflexes tendineux en fonction des intensités excitatrices se fait suivant une branche d'hyperbole équilatère (236, p. 137).

Quant aux réflexes cutanés, ils ont un temps perdu beaucoup plus long (0 sec. 17 pour le crémasterien, 0 sec. 19 pour le plantaire, 0 sec. 21 pour le tenseur du fascia lata), et beaucoup plus variable, d'un individu à l'autre, et, chez le même individu, d'une excitation à l'autre.

Et, quand on examine la réaction du quadriceps à la percussion tendineuse, et à l'excitation plantaire, alors qu'elle accompagne la contraction du tenseur du fascia lata, on constate que, dans le second cas, elle a un temps perdu 5 fois plus long, ce qui prouve que le plus grand retard des réflexes cutanés tient à une plus grande lenteur, non de la réaction, mais, soit de la réception, soit surtout de l'élaboration de la réponse réflexe.

Dans les cas d'atteinte du faisceau pyramidal, enfin, la longueur et la

variabilité des temps de latence (réaction des orteils en extension ou flexion et du tenseur du *fascia lata* à l'excitation plantaire) se montrent notablement exagérées (retard pouvant approcher de la demi-seconde en certains cas).

TITRE III

La réflectivité labyrinthique

1° Des réactions normales de l'appareil vestibulaire (194).

Pour analyser les réponses du labyrinthe à une stimulation électrique, j'ai montré qu'il y avait lieu de procéder séparément à l'excitation unilatérale et à l'excitation bilatérale, cette dernière étant à tort seule employée.

« L'excitation unilatérale d'un appareil vestibulaire chez l'homme entraîne deux catégories d'effets, dont le seuil d'excitabilité peut être très différent :

1° « Des effets dus à une excitation massive, sans différenciations qualitatives, et comprenant une irritation sympathique et une variation tonique bilatérale dissymétrique (hypotonie hétérolatérale et légère hypertonie homolatérale des extenseurs aux membres inférieurs) ;

2° « Des réflexes toniques, commandés par l'excitation des canaux vertico-latéraux et vertico-sagittaux, consistant en des mouvements compensateurs de la tête — avec temps de latence de 75 « — dans le plan du canal excité, dont le sens est inverse du mouvement apparent correspondant au sens de l'excitation (le courant ampullifuge ou ampullipète agissant comme une onde de pression ampullifuge ou ampullipète), et en des mouvements des yeux inverses des mouvements de la tête qu'ils tendent eux-mêmes à compenser ». (194 ; p. 544).

Dans le fonctionnement normal du labyrinthe (avec excitation bilatérale simultanée), les canaux semi-circulaires verticaux commandent des inclinaisons de la tête en sens inverse du mouvement réel ou apparent, correspondant au sens de l'excitation, et des mouvements des yeux inverses des mouvements de la tête et de même vitesse.

Pour les canaux horizontaux, ils sont excités simultanément en sens inverse ; les effets des excitations s'ajoutent ; les réactions qu'ils comman-

dent — inégales et asymétriques — relèvent d'une excitation réflexe des centres coordinateurs synergiques des appareils céphalogyres et oculogyres (lévogyre et dextrogyre). Elles consistent : 1° en rotations de la tête dans le plan des canaux, dans le sens même du mouvement, réel ou apparent, correspondant au sens de l'excitation (rotation vers la droite pour une onde de pression ou un courant galvanique ampullipète à droite et ampullifuge à gauche, et inversement) ; 2° en déplacements horizontaux des yeux dans le sens même de la rotation de la tête et de vitesse plus grande.

Le comportement différent des deux groupes de canaux verticaux d'une part, et du groupe des canaux horizontaux d'autre part, tient à ce que chez l'homme, les réflexes d'attitude provoqués par les canaux verticaux sont des mouvements compensateurs d'équilibration avec tendance au maintien de l'horizontalité de la ligne du regard, tandis que les réflexes d'attitude provoqués par les canaux horizontaux sont des mouvements d'exploration visuelle avec tendance à l'élargissement du champ du regard.

2° L'interprétation des troubles pathologiques de la réflexivité labyrinthique (195 ; 196).

J'ai montré comment l'analyse des résultats permettait de dissocier les troubles d'origine centrale et ceux relevant d'atteintes périphériques du labyrinthe ou du nerf vestibulaire ; en outre, utilisant l'examen de 500 blessés nerveux de guerre, j'ai pu interpréter, ce qui n'avait jamais été fait, les troubles complexes de la station et de la marche (épreuves de Von Stein).

J'ai résumé ainsi les règles générales de sémiologie labyrinthique, telles que je les ai dégagées de cette étude :

A. — TROUBLES DES RÉFLEXES.

1° Lésion périphérique sans atteinte des centres réflexes.

a) Lésion unilatérale. — Dans l'excitation unilatérale : Inclination constante du côté excité (ou mutation, le plus souvent en arrière) par l'excitation du côté lésé, avec hyperexcitabilité (lésions irritatives) ou hyporexcitabilité pouvant aller jusqu'à l'inexcitabilité complète (lésion destructive ancienne). — Réactions normales dans les deux sens pour l'excitation du côté sain.

Dans l'excitation bilatérale : Inclination constante du côté lésé, si ce côté est hyperexcitable (ou mutation). — Réactions normales si le côté sain se montre le plus excitable.

b) Lésion bilatérale. — Dans l'excitation unilatérale : Inclination constante du côté excité (ou mutation) avec hyperexcitabilité ou hyporexcitabilité pour l'excitation de l'un et de l'autre côté.

Dans l'excitation bilatérale : Réactions identiques à celles du côté le plus excitable ; si l'excitabilité est égale, inclination vers un même pôle (le négatif en général) ou mutation.

2° Lésion des voies centrales.

a) Interruption unilatérale de la conduction au-dessous de la décrossation (section ou

compression des fibres vestibulaires). — Dans l'excitation unilatérale : Inexcitabilité complète du labyrinthe innervé par les fibres lésées (avec absence du vertige) ; réactions normales du côté sain.

Dans l'excitation bilatérale : Réactions normales dans les deux sens s'il ne s'est pas produit de déséquilibre des centres réflexes ; sinon, réaction constante du côté lésé (par irritation entraînant l'hyper-réflexivité unilatérale dans les lésions récentes, les compressions) ou du côté sain (par hypo-réflexivité secondaire dans les lésions anciennes).

b) Interruption unilatérale de la conduction au-dessus de la déconnexion. — Dans l'excitation unilatérale : Inclination constante du côté opposé à la lésion pour l'excitation de l'un et de l'autre côté.

Dans l'excitation bilatérale : Même inclination du côté opposé à la lésion. (Le siège de la lésion est alors déterminé par les épreuves de rotation, dans lesquelles la rotation ne provoque de réflexes que lorsqu'elle s'effectue à l'opposé du côté lésé).

3° LÉSION CENTRALE DIRECTE.

a) Augmentation ou diminution globale de la réflexivité. — Dans l'excitation unilatérale ou bilatérale : Réactions normales, mais avec abaissement des seuils, ou élévation, au contraire, pouvant aller jusqu'à l'inexcitabilité complète (sans surdité) ; désaccord fréquent entre le signe de l'excitabilité vago-sympathique (vertige) et celui de la réflexivité tonique.

b) Déséquilibre de la réflexivité. — Dans l'excitation unilatérale ou bilatérale : Réaction identique de nutation, inclination ou rotation d'un même côté, avec abaissement du seuil, du fait de l'hyperexcitabilité d'un centre coordinateur ; inclination du même côté, avec seuil normal ou élevé, du fait d'une diminution considérable de l'excitabilité d'un centre ; pas de signes propres d'atteinte auriculaire ; désaccord fréquent entre les degrés d'excitabilité vertigineuse et réflexe.

4° LÉSION CENTRALE INDIRECTE A POINT DE DÉPART GÉNÉRALISÉ.

a) Hyper-réflexivité symétrique. — Mêmes réactions que dans la lésion périphérique bilatérale, mais avec abaissement notable et sensiblement égal des seuils.

b) Déséquilibre de la réflexivité. — Mêmes réactions que dans l'hyperexcitabilité d'un centre coordinateur par lésion directe ; mais signes d'une atteinte auriculaire (soit unique, soit prédominante) du côté présentant l'hyper-réflexivité, et hypotonie fréquente des extenseurs au membre inférieur de ce côté.

B. — TROUBLES DE LA STATION ET DE LA MARCHÉ LES YEUX FERMÉS.

1° Déséquilibre de l'action tonostatique des labyrinthes sur la musculature des membres. — Par insuffisance fonctionnelle d'un labyrinthe lésé, entraînant une hypotonie des extenseurs de la jambe homolatérale, mouvement de manège, avec excentricité du côté sain, dans la marche en avant aussi bien qu'en arrière, mais avec un rayon plus court dans ce dernier cas ; au cours de va-et-vient successifs, latéralisation progressive du côté lésé.

2° Déséquilibre de l'action tonostatique des labyrinthes sur la musculature du cou et du tronc. — Par prédominance des appareils évoclines ou dextroclines, antéroclines ou postéroclines, déséquilibre avec chute, à gauche ou à droite, en avant ou en arrière (signe de Bomberg). Par prédominance des appareils lévogyres ou dextrogyres entraînant une déviation statique du regard (déviation conjuguée de la tête et des yeux), mouvement de manège, dirigé dans le sens du regard pour la marche en avant, à l'opposé dans la marche en arrière ; au cours de va-et-vient successifs, rotation progressive en une « marche en étoile », devenant, lorsqu'il y a hypotonie de la jambe, du côté de la déviation, une marche en rayons de roue disposée autour du point de départ comme centre, et, lorsqu'il y a hypotonie de la jambe du côté opposé, une marche en rayons de roue disposée autour du premier point de rebroussement comme centre (195, p. 673-675).

GERELLI a adopté, dans l'étude des aviateurs, la méthode d'excitation galvanique unilatérale en Italie. Etudiant, d'autre part, la théorie des perceptions du déplacement du corps, il fait état de ses résultats : « Le belle ricerca di Piéron sulla eccitazione unilaterale del labirinto parlano in questo senso : Il Piéron a dimostrato che... » (*Arch. ital. di Psicologia*, 1, p. 195).

TITRE IV

Syndromes de guerre et Physiopathologie affective

1° *Syndrome commotionnel et syndrome émotionnel* (172 ; 179 ; 182 ; 188 ; 197 ; 198 ; avec A. MAIRET).

Dès juin 1915, nous précisons avec A. Mairet, les premiers, — en France tout au moins, — la notion du « syndrome commotionnel », c'est-à-dire du complexe des troubles neuropsychiques engendrés par les traumatismes de guerre, et nous distinguons des modalités diverses de ce syndrome, suivant l'origine pathogénique (choc aérien par « vent d'obus », émotion, traumatisme céphalique).

Dans le cas de commotion proprement dite, on note surtout des troubles de sensibilité, de l'hyperexcitabilité réflexe, de la parésie vaso-motrice, des céphalées, des amnésies, des troubles de l'attention, de l'inertie mentale, etc.

À la suite de chocs émotionnels, prédominent les états anxieux, les cauchemars et délires hallucinatoires, les amnésies lacunaires et les troubles de fixation des souvenirs.

Après traumatismes, la fatigabilité mentale est extrême, les céphalées vives, les troubles de sensibilité et l'hyperexcitabilité réflexe très marqués.

Nous avons ultérieurement montré que c'était à ce complexe commotionnel qu'appartenaient certains symptômes des blessés crâniens (séquelles subjectives de Pierre Marie, symptômes « atopiques » de Grasset, qui y voyait des effets généraux des blessures cérébrales, indépendants de leur localisation, alors qu'ils se manifestent au maximum chez les traumatisés crâniens sans blessure du cerveau). Un peu plus tard, nous revenons sur la question des syndromes commotionnels en ces termes :

« Lorsqu'un obus de gros calibre éclate près d'un homme, qui est généralement projeté à distance et souvent enseveli, il se produit presque toujours chez cet homme des troubles neuro-psychiques, pouvant être légers, transitoires, et rester compatibles avec la continuation du service, ou atteignant au contraire une intensité et une durée telles que l'évacuation est rendue nécessaire.

« Deux facteurs sont susceptibles d'intervenir pour provoquer ces troubles, le choc physique dû à l'ébranlement qu'entraîne une variation brusque de pression, ou le choc moral constitué par l'émotion violente que peut subir le commotionné.

« Lorsque nous avons mis en évidence le « syndrome commotionnel », nous avons rangé dans ce même groupe les deux sortes de traumatismes, le traumatisme aérien, mécanique, et le traumatisme nerveux, moral, ainsi d'ailleurs que le traumatisme direct par projectile. Mais nous avons distingué les facteurs pathogènes et montré quelque différence dans les divers ordres de troubles voisins. L'examen d'un nombre beaucoup plus grand de cas (plus de 300) nous permet, au bout de 18 mois, de revenir sur cette question, et de préciser les rapports et les différences du syndrome commotionnel proprement dit et de ce que nous appellerons le *syndrome émotionnel* » (188).

Et, nous résumons ainsi les différences de ces deux syndromes :

« Si l'on compare le tableau clinique de l'émotionné type avec un commotionné pur, on ne peut pas ne pas être frappé de certains contrastes : ici, indifférence affective et réactions coléreuses faciles, là hyperémotivité avec peur ; ici amnésie rétrograde considérable, là conservation complète des souvenirs anciens ; ici troubles étendus des diverses formes de sensibilité par diminution, là, simple hyperalgésie partielle sous forme de points douloureux névropathiques ; ici inertie mentale complète, incapacité d'effort, là, efforts réels, mais aboutissant difficilement, entraînant de la fatigue et de la confusion.

« L'un est un inerte, un diminué ; l'autre est un inquiet, un impuissant. A l'un, le ressort manque, comme détendu, à l'autre, le ressort accroche, comme encrassé ».

« ...Malgré les ressemblances évidentes qu'il peut y avoir entre un fonctionnement inhibé, et un fonctionnement perturbé, syndrome commotionnel et syndrome émotionnel se différencient nettement. Chacun d'eux a son autonomie.

« Pourquoi donc a-t-on eu tant de tendance à les rapprocher et les confondre ?

« Parce que la plupart des émotionnés le sont par éclatement d'obus et ont été considérés dès lors comme des commotionnés, alors qu'ils ne se distinguent pas notablement d'autres émotionnés pour lesquels la nature du facteur affectif permet d'éliminer toute possibilité de commotion.

« Parce que, dans la pratique, les cas purs sont rares, qu'on n'observe

guère de commotionnés types chez lesquels il n'y a pas eu une réaction émotionnelle surajoutée ; et que les émotionnés par éclatement d'obus ne laissent pas de subir un ébranlement commotionnel qui intervient dans la pathogénie. A côté des commotionnés et des émotionnés types, on a la plupart du temps affaire à des commotionnés-émotionnés, chez lesquels on note à la fois de l'émotivité, de la peur, indice de l'émotion anaphylactisante, et de la fatigabilité ; mais aussi des amnésies rétrogrades, des hyposthésies, et des perturbations labyrinthiques qui sont comme la signature de l'ébranlement commotionnel ».

Et, discutant le mécanisme d'action, qui se ramène à une auto-intoxication, par trouble affectif des mécanismes humoraux, et l'addition fréquente des accidents d'auto-suggestion, nous insistions en terminant sur ce fait que l'émotion est susceptible d'avoir une influence pathogène propre, et que, comme telle, elle peut constituer un « fait de guerre », donnée indéniable, mais qui ne fut pas admise sans résistance, ni sans lutte.

La notion de ces syndromes, désignés par les expressions que nous avons proposées en 1915, s'est imposée peu à peu aux neuro-psychiatres au cours de la guerre. « Mairet et Piéron hanno avuto, dit GEMELLI, il merito di avere per i primi dimostrato durante questa guerra che il complesso di questi sintomi trovati negli individui emozionati di guerra costituisce un insieme clinico che non può essere identificato con alcuna delle entità morbide conosciute... Possiamo accettare quella (denominazione) proposta da Piéron di *sindrome commotionale* » (Il nostro soldato, 1917).

« Mairet et Piéron établissent l'unité des troubles psychonerveux constituant ce qu'ils proposent d'appeler le syndrome commotionnel », déclare le neuropsychiatre belge HENRI HOVEN (Bull. de la Soc. de Méd. mentale de Belgique, Livre jubilaire, 1920, p. 306).

« Le syndrome commotionnel qu'ont fait connaître les beaux travaux de MM. Mairet et Piéron est caractérisé surtout par un état de confusion mentale » (VALLANET et FARRÉ-BEAULIEU, Revue gén. de Pathologie de guerre, 1916, p. 213).

« Le syndrome commotionnel décrit dès 1915 à Montpellier, par Mairet et Piéron a été « trouvé » par bien des observateurs du front et de l'arrière qui n'avaient pas eu la bonne fortune de lire les premières communications de ces auteurs. » C'est en ces termes que s'exprimait en juillet 1917 dans leur rapport sur la confusion mentale à la réunion de guerre des Sociétés de Psychiatrie, MM. CASPARI, JEQUELME et BOURGEOIS.

2° Les troubles de mémoire d'origine commotionnelle (173 ; avec A. MAIRET).

Les données psychologiques dégagées de notre étude ont été les suivantes :

Nous avons trouvé un grand nombre d'exemples d'amnésies rétrogrades avec retour progressif des souvenirs, et d'amnésies continues, cédant très lentement, et, en outre, dans des conditions de genèse bien définies, plusieurs cas typiques de ces grandes amnésies, soit de fixation, soit d'évocation, dont on avait recueilli jusqu'ici des exemples comme une curiosité

rare. Et l'analyse de ces cas permet de préciser les lois qui régissent la disparition et le retour des souvenirs dans les amnésies rétrogrades d'origine traumatique, où les processus d'évocation se trouvent inhibés ; elle montre à cet égard :

1° Que la loi de régression de Ribot, fondée sur l'observation des amnésies progressives démentielles, ne s'applique pas en général à ces cas, pour ce qui est des événements de la vie.

2° Que, conformément aux vues classiques, les acquisitions du « savoir » les plus complexes et les plus récentes sont aussi les plus fragiles.

3° Que la fixation des souvenirs est le plus délicat des processus mnémoniques, et le plus facilement atteint, dans les commotions, et dans les traumatismes, où une altération, souvent légère, du métabolisme cérébral, empêche les perceptions de se transformer en souvenirs solidement acquis, alors même qu'il existe un effort réel d'attention.

Au point de vue pathologique, s'ils peuvent être considérés comme fonctionnels — parce qu'ils sont réversibles — de semblables troubles amnésiques n'en sont pas moins symptomatiques d'une perturbation cérébrale, dont nous ne sommes pas en mesure de déterminer la nature exacte, mais qui est susceptible d'aller parfois jusqu'à la lésion définitive. La réalité et l'importance de cette perturbation sont vérifiées par l'examen du liquide céphalo-rachidien qui, dans les cas de grandes amnésies, a toujours révélé de l'hyperalbuminose et de la lymphocytose, témoins d'un processus inflammatoire.

3° *Le puérilisme mental* (203).

L'observation de huit très beaux cas de puérilisme chez des émotionnés de guerre (avec élément commotionnel chez la plupart), m'a permis une étude psycho-pathologique de ce syndrome.

J'ai distingué un puérilisme apparent, dans lequel les malades, en faisant l'enfant, jouent un rôle, et le puérilisme vrai par transformation de la personnalité, qui résulte de l'action convergente de trois facteurs pathogènes :

1° *Une insuffisance cérébrale*, avec perte plus ou moins complète des mécanismes inhibiteurs de la sphère corticale, mis en jeu par l'éducation sociale ; et, accessoirement, perte, plus ou moins complète aussi, des acquisitions intellectuelles, par amnésie rétrograde.

2° *Une insuffisance génitale*, avec diminution ou abolition complète des sécrétions internes des glandes sexuelles, qui peut suivre la rupture de l'équilibre endocrinien.

3° *Une perturbation de la sphère affective*, caractérisée par l'abolition des tendances biologiques (en partie conditionnée par l'insuffisance génitale)

et sociales (en partie conditionnée par l'insuffisance cérébrale de l'adulte), et par une suractivité des tendances primitives, qui ne sont plus inhibées.

Que le puérilisme vrai puisse se rencontrer à la suite du syndrome émotionnel, cela se comprend assez ; car la perturbation de la sphère affective est profonde ; l'état de peur, créant un sentiment de faiblesse, tend à réveiller les instincts des jeunes qui cherchent une protection et un appui ; l'insuffisance génitale, avec impuissance complète, qu'on rencontre chez les grands émotionnés, suite de la perturbation de l'équilibre des sécrétions glandulaires dont les interactions sont aujourd'hui bien connues, entraîne la disparition des tendances agressives du mâle, de l'instinct de domination et de conquêtes.

Par là s'esquisse un puérilisme biologique, qui pourra être facilité par une surexcitation, avec état confusionnel fréquent, relevant sans doute aussi du mécanisme auto-toxique qui est le mécanisme pathogène de l'émotion.

Mais ce puérilisme n'est pas complet, parce qu'il existe encore une action persistante de l'éducation sociale, et des souvenirs intellectuels, pouvant masquer plus ou moins le caractère enfantin.

Si le puérilisme social vient s'ajouter au puérilisme biologique, on obtient alors des cas typiques. Il en est ainsi lorsqu'une forte commotion a engendré une insuffisance cérébrale, avec amnésie, et parfois des lésions irréversibles entraînant alors une démence véritable, avant le choc émotionnel.

4^e La pathologie affective (5 — 211).

En terminant mon étude sur le puérilisme je disais :

« Le véritable puérilisme est une transformation de la personnalité qui relève essentiellement d'une atteinte de la sphère des sentiments et des tendances, et son étude apportera une contribution à une branche, longtemps négligée, mais de réelle importance, de la pathologie mentale, la pathologie affective » (202, p. 137).

J'ai insisté depuis lors sur la dualité fondamentale de la sphère associative, intellectuelle, relevant du fonctionnement de l'écorce, et de la sphère affective ou paléocorticale, relevant des centres thalamo-striés, qui fournissent les directives du comportement, les « tendances » et règle la libération d'énergie nerveuse, le niveau d'activité psychique. Un grand nombre d'affections mentales — et en particulier la démence précoce au début — tiennent à une atteinte de cette sphère des sentiments et tendances.

TITRE V

Physiopathologie cérébrale

1° *Les localisations sensitives et les fonctions propres de l'écorce* (5 — 200 ; 240).

L'étude de quelques cas de syndromes sensitifs corticaux par blessure de la région pariétale, et la confrontation des résultats avec ceux des observations analogues publiées en France et relatives à des blessés de guerre, m'ont permis d'apporter quelques précisions dans la notion des localisations sensitives.

Les données recueillies confirmèrent pleinement la représentation sensitive du corps sur l'écorce de la pariétale ascendante, exclusivement, toutes les catégories de sensations ayant leurs centres extrêmement voisins pour chaque segment somatique, les sensibilités kinesthésiques et autres sensibilités profondes comme les sensibilités cutanées.

Dans cette représentation sensitive, qui correspond, de l'autre côté de la scissure de Rolando, à la représentation motrice de la frontale ascendante, il existe des groupements topographiques distincts, bien que voisins, pour les moitiés préaxiales et postaxiales des membres.

Les fonctions perceptives — qui exigent une intégrité suffisante du fonctionnement intellectuel global — impliquent des phénomènes associatifs s'effectuant au niveau de la sphère sensitive, particulièrement fragiles dans les atteintes diffuses.

Les fonctions sensitives manifestent elles-mêmes une inégale fragilité, et, suivant des conditions lésionnelles encore obscures, les modes de sensibilité cutanée peuvent être plus ou moins touchés que les modes de sensibilité kinesthésique et profonde, à l'exception de la sensibilité osseuse vibratoire qui se comporte comme les sensibilités cutanées. Toutefois, alors que, dans les lésions destructives profondes, l'anesthésie est complète — en dehors de la persistance d'une sensibilité douloureuse atténuée, — au cours des troubles fonctionnels par atteintes incomplètes, il existe une perturbation généralement plus intense des sensibilités kinesthésiques articulaire et musculaire (sens des mouvements et des attitudes, soupècement), qui se montrent ainsi les plus fragiles, les autres sensibilités étant atteintes aussi, mais souvent à un très faible degré.

S'il n'existe pas de dissociation réellement pathognomonique, du moins le syndrome sensitif cortical de Verger-Déjerine correspond-il à un fait eli-

nique; il s'applique la plupart du temps aux anesthésies incomplètes par gêne fonctionnelle directe de la sphère sensitive (enfouissement osseux, irritation superficielle), ou par répercussion à distance, comme il s'en produit par exemple au cours des lésions du lobe pariétal ou de la région prérolandique.

Le syndrome cortical comporte, au point de vue topographique, une prédominance des troubles sensitifs aux membres, et particulièrement aux extrémités, qui possèdent une représentation plus étendue, et par là même plus exposée, avec parfois une atteinte inégale des régions externes et internes (moitiés préaxiales et postaxiales).

En dehors des troubles connexes, du seul point de vue sensitif, ce n'est que par le comportement de la sensibilité douloureuse, objective et subjective, et par la répercussion affective des sensations, que le syndrome thalamique paraît se différencier du syndrome cortical, les deux syndromes étant souvent semblables. Ceci est en rapport avec la fonction affective du thalamus, centre d'étape, la fonction corticale étant essentiellement perceptive.

Riches d'une expérience de plusieurs milliers de cas, PIERRE MARIE et BOURRILLON ont pleinement confirmé les résultats de cette étude qu'ils considèrent comme un « excellent travail » (*Revue Neurol.*, janvier, février, 1929, 1-22, 144-160).

« Nos recherches cliniques, disent-ils, aboutissent à des conclusions conformes dans leur ensemble à celles de M. Piéron... Notre opinion est tout à fait confirmative de celle de M. Piéron ».

2° Les degrés de l'hémianopsie (183):

L'observation d'un cas d'hémianopsie d'origine corticale (blessure occipitale) dans laquelle persistait, du côté aveugle, une vision brute de la lumière, sans perception des formes, ni des couleurs, m'a donné l'occasion d'une étude systématique de ce reliquat de vision, avec détermination des seuils.

Un fait intéressant à remarquer dans cette hémianopsie corticale, c'est que, le blessé ayant eu, à un moment donné, des hallucinations de la vue, les images hallucinatoires restèrent localisées dans la partie gauche de son champ visuel, correspondant au centre cortical indemne, l'autre n'étant donc plus capable de former des représentations. On a observé quelquefois l'inverse dans des hémianopsies par lésion des voies optiques, avec intégrité des sphères optiques, les représentations hallucinatoires évoluant alors plus librement dans la partie du champ où les images extérieures ne pouvaient exercer leur influence réductrice.

La persistance de la vision brute de la lumière dans le champ « aveugle » est assez rare, peut-être parce qu'elle n'est pas systématiquement recherchée; en tout cas, je ne l'ai pas retrouvée chez quelques hémianopsiques examinés

À ce point de vue, et l'on ne peut admettre que ce soit là un fait général dans les hémianopsies, comme ont paru le croire certains auteurs. On constate bien toujours une impression lumineuse vague lorsqu'on approche une source lumineuse intense de l'œil, du côté aveugle, par suite d'un phénomène de diffusion de la lumière dans les milieux oculaires, et aussi, quand on examine le champ aveugle pour l'œil où ce champ occupe la région externe, par suite d'une réflexion sur la racine du nez envoyant de la lumière dans le champ normal. Mais il ne s'agit pas de ce phénomène banal dans le cas du blessé, chez qui j'ai pratiqué tout d'abord l'exploration avec un fin pinceau lumineux promené sur l'œil sous diverses incidences. La perception lumineuse — avec notion de la direction de la source — était bien, et exclusivement, assurée par la projection du faisceau sur la rétine, dans sa moitié anopside.

Comme il n'y a pas là un phénomène constant dans les hémianopsies corticales, il faut admettre que cette cécité incomplète résulte d'une atteinte, incomplète elle-même, du centre. On peut concevoir que, au lieu du fonctionnement des multiples éléments distincts correspondant aux très petits territoires qui constituent des points définis de la rétine — fonctionnement qui permet, grâce à la perception précise des intensités lumineuses respectives, une perception synthétique d'une image, avec sa grandeur, sa forme, ses détails nuancés, — il ne reste plus que la réponse grossière et globale de rares éléments aux stimulations recueillies sur de larges territoires rétiens, d'où l'abolition de la stéréopsie fine et conservation de la seule photopsie.

L'étude générale des troubles visuels hémianopiques montre, en somme, qu'il existe trois degrés correspondant à des atteintes corticales plus ou moins complètes :

- 1° Pour les atteintes les plus légères, l'*hémiachromatopsie* ;
- 2° Pour des atteintes plus profondes, l'*hémistéréopsie* ;
- 3° Pour les atteintes totales, en particulier avec destruction radicale du centre ou des voies optiques, l'*hémiaphotopsie*, ou hémianopsie complète.

3° Le fonctionnement cortical et l'aphasie (5 — 204 ; 223).

J'ai pu étudier quelques cas fort intéressants d'aphasie chez des blessés et malades de guerre : Un cas de cécité verbale pure, tout à fait typique, un autre compliqué d'agraphie ; une agraphie de reliquat après aphémie transitoire ; plusieurs cas d'aphasie complexe, dont un résultant d'une insuffisance d'irrigation du cerveau gauche à la suite d'une ligature de la carotide primitive.

J'ai repris à cette occasion le problème du mécanisme cérébral du lan-

gage et de l'aphasie, montrant combien de clarté on pouvait apporter en utilisant la notion des centres coordonnateurs. :

Dans les troubles aphémiques, agraphiques, ou apraxiques en général, il n'y a pas de paralysie vraie, ni de perte d'images motrices verbales — notion confuse et inexacte — mais atteinte des centres spécialisés assurant la coordination apprise de mouvements complexes.

Des centres de coordination réceptrice pour la compréhension symbolique, touchés dans la cécité verbale, dans les « asymbolies » en général, expliquent les faits, sur lesquels, on a fondé l'interprétation fautive des images sensorielles du langage.

On peut dire que, d'une façon générale, si l'on a exagéré autrefois les conceptions localisatrices souvent simplistes, on exagère aujourd'hui la réaction contre ces conceptions, comme j'ai tenté de le montrer, critiquant des observations sensationnelles, mais fort peu concluantes, en particulier fondées sur des affirmations de chirurgiens relatives à l'enlèvement sans dommage d'une très grande partie du cerveau, mais, en l'absence de tout examen psychologique et de tout examen anatomique.

Il s'agit, en général d'abcès, dans lesquels le pus est souvent pris pour de la matière cérébrale, alors que les leucocytes qu'on évacue ne jouaient pas le rôle des neurones. J'ai eu l'occasion d'examiner le cerveau d'un soldat, dont j'avais pris l'observation, qui avait été opéré d'un abcès profond de la région frontale, et où le chirurgien avait trouvé, après évacuation, une cavité de la grosseur du poing. Or, non seulement il existait des troubles psychiques, qui pouvaient d'ailleurs paraître inaperçus à un examen rapide, mais la perte de substance cérébrale était en réalité insignifiante : après évacuation du pus qui avait formé une poche de la grosseur du poing, non pas tant en détruisant qu'en écartant, les tissus avaient repris leur place, et, à part un petit noyau cicatriciel, il n'y avait pas grands dommages. Or, de bonne foi, le chirurgien avait pensé qu'une grande partie de l'hémisphère avait été détruite.

TITRE VI

Divers

1° *Effets cérébraux de la fatigue* (135, avec R. LEGENDRE ; 238).

Des recherches avec R. Legendre nous ont montré que la fatigue mus-

culaire, même excessive (rais et chiens à la roue, cerf forcé) n'entraînait pas de lésions cérébrales apparentes (ce qui montrait bien que les lésions obtenues dans l'insomnie ne relevaient pas d'une fatigue musculaire).

Toutefois, il existe des répercussions de la fatigue, après effort volontaire, du moins, sur le fonctionnement cérébral de l'homme, et j'ai tenté de déterminer ces répercussions au moyen de divers « tests », examinant la modification du réflexe rotulien (la fatigue cérébrale entraînant une diminution de l'inhibition exercée sur les centres médullaires), l'abaissement du seuil de fusion des impressions rétiniennees (augmentation de persistance apparente par fatigue), et, enfin, un acte de coordination sensori-associativo-motrice.

2° *Etudes sur l'épilepsie* (avec Ed. TOULOUSE : 80 ; 81 ; 142 ; 143 ; — avec A. MAIRET : 178).

Nous avons examiné avec Ed. Toulouse l'influence d'un certain nombre de facteurs sur la fréquence des accès épileptiques, par la méthode statistique collective et par la méthode individuelle (en suivant plusieurs années les mêmes malades).

Si, conformément aux indications des auteurs, il existe deux maxima nocturnes dans la fréquence des accès (au début et à la fin de la nuit), en réalité, il existe des épileptiques à prédominance nocturne, qui donnent à la courbe son allure générale parce qu'ils sont les plus nombreux, mais d'autres n'ont aucune prédominance et quelques-uns ont une prédominance diurne tout à fait nette.

D'une manière générale, les facteurs qui excitent l'activité physique ou mentale (veille, jours de visite, températures élevées) tendent à diminuer le nombre des accès, les facteurs d'action inverse (sommeil, travail de la digestion) tendant à les augmenter (l'influence de la nuit étant bien due au sommeil comme nous l'avons expérimentalement établi), mais il y a lieu de tenir compte des cas où les phénomènes sont opposés. Cela est bien en faveur de la pluralité des épilepsies dites « essentielles ». Et, au cours de la guerre, j'ai été frappé de la diversité des accidents convulsifs dits comitiaux, et de la série continue que font toutes les manifestations convulsives, sans hiatus entre les symptômes épileptiques et émotionnels, après observation directe et prolongée de plusieurs centaines de cas.

Avec A. Mairet, nous avons étudié un de ces cas, rares chez l'Homme, qui relèvent de l'« épilepsie de Brown-Séquard », la convulsivité se manifestant sous l'influence d'une irritation périphérique (névrite cicatricielle) et cessant une fois la cause disparue.

Enfin, à l'occasion de l'efficacité de l'hypochloruration dans le traite-

ment bromuré de l'épilepsie (méthode de Toulouse et Richet), nous avons recherché avec Ed. Toulouse, le mécanisme de cette efficacité.

Nous avons mis en évidence l'élimination plus rapide des bromures ingérés (ou injectés chez le chien) après ingestion (ou injection) de chlorure de sodium, tandis que des quantités, d'action osmotique égale, de phosphate de soude n'exercent pas la même influence (les régimes alimentaires étant strictement définis). Ces données confirment l'hypothèse de Linossier, d'une substitution des halogènes dans les tissus, réfutant celle d'une simple action osmotique dans le sang.

3° *Problèmes pratiques de pathologie de guerre et névroses* (30 ; 47 — avec A. MAIRET : 180 ; 182).

Nous avons, avec A. Mairet, soulevé le problème de la responsabilité du service militaire dans un certain nombre d'affections relevant de la neuro-psychiâtrie : paralysie générale (celle-ci, dans 9 cas, s'était manifestée après des traumatismes, avec réaction de Wassermann négative et aucun indice de syphilis), épilepsie, survenue après commotion, parfois sans indice de prédisposition, accès de somnambulisme et accidents divers survenus après des vaccinations antityphoïdiques.

Nos conclusions furent adoptées à la Réunion médico-chirurgicale de la 16^e Région.

Nous avons apporté, d'autre part, une contribution à la différenciation des troubles organiques et des troubles névrosiques.

Je signalerai, enfin, l'observation que j'ai donnée d'une obsédée scrupuleuse, ayant manifesté des idées délirantes qui lui valurent l'internement, avec analyse psychologique ; et la relation d'un cas d'anesthésie hystérique à la fatigue.

SECTION E

Psychologie générale

TITRE I

Les phénomènes associatifs

1° *La loi générale de l'Association des idées (44).*

Une série de recherches expérimentales sur les processus d'association provoquée m'a conduit à une réfutation de l'ancienne conception de l'enchaînement linéaire, qui ne vaut que pour certains couples, particulièrement automatisés. Une évocation est conditionnée par un complexe de tendances simultanées.

Et je suis arrivé à formuler une loi générale unique des phénomènes associatifs, répondant au caractère d'un dynamisme synthétique et d'après laquelle deux états ayant fait partie, à un moment donné, d'un même groupement systématique, « tendent à s'attirer de manière à former un groupement analogue, avec d'autant plus de force que le premier groupement était plus cohérent et qu'ils ont été plus souvent réunis dans un même système ».

2° *Association et caractère individuel (27).*

Une analyse des réponses associatives à l'énoncé des mots inducteurs montre que la méthode est précieuse pour connaître les modalités d'une pensée individuelle ; en particulier une classification des associations (automatiques ou originales, concrètes ou abstraites, etc.), permet de distinguer des types intellectuels.

La méthode que je préconisais en 1903, s'est introduite dans la pratique

psycho-pathologique à la suite des travaux des Rosanoff aux Etats-Unis et est utilisée par la psychanalyse.

3° *Rapidité des processus psychiques et association médiate* (1 : 25 ; 26).

L'association médiate est difficilement constatable au cours des évocations expérimentalement provoquées parce que la non-actualisation d'un élément intermédiaire est soumise à certaines conditions, en particulier à une suffisante rapidité de pensée. Mais on trouve, dans certaines illusions de perception, dans celles qu'on suscite sous forme de rêve par l'excitation du dormeur, en particulier, des équivalents de l'association médiate.

Et, d'autre part, les associations ne sont pas nécessairement linéaires, elles se font en constellation, et c'est ce qui explique certaines illusions de rapidité de pensée (dans le rêve, ou en cas de danger de mort, par exemple), parce qu'il se produit, sous une influence affective, un afflux brusque de pensées diverses qui ne s'actualisent pas complètement, et qui, évoquées ensuite à loisir, réclameraient un temps assez long pour être passées en revue plus en détail. Les faits montrent que n'existe pas, en réalité, la rapidité vertigineuse éprouvée par le sujet, et tenant au changement brusque d'orientation mentale avec afflux d'idées ou d'images concurrentes.

TITRE II

Le Rêve

1° *Le contenu du rêve* (58).

Pendant 100 nuits consécutives, je me suis astreint à noter très complètement, au réveil, tous les rêves dont je parvenais à me souvenir. En moyenne, le nombre de rêves distincts était de 4 par nuit, et ne s'accrut pas par l'exercice, mais le souvenir des rêves était de plus en plus étendu et complet.

La statistique des éléments constitutifs me donna un grand nombre de réflexions abstraites et d'images kinesthésiques, quelques images auditives, un petit nombre d'images visuelles, de rares impressions tactiles ou organiques.

2° *Séméiologie du rêve* (avec N. VASCHIDE : 1 — 3 ; 4 ; 5 ; 6).

Nous avons montré, avec N. VASCHIDE, comment l'interprétation, dans le rêve, de sensations anormales qui n'étaient pas perçues au cours de la veille, pouvait permettre, en certains cas, de dépister une affection organique, ou une psychose, apportant une série d'observations personnelles et interprétant les faits recueillis dans la littérature médicale.

3° *Rêve et Croyance* (avec N. VASCHIDE : 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13).

La notion de la valeur séméiologique du rêve nous avait conduits, avec VASCHIDE, à nous préoccuper des interprétations populaires des rêves. Et nous avions recueilli, sur les croyances dont le rêve fait l'objet, de nombreux documents que nous avons commencé à publier et dont la plupart sont restés inédits, cette étude risquant de nous entraîner trop exclusivement sur le terrain de l'histoire et de la sociologie, en nous éloignant de la biologie.

TITRE III

Sentiments intellectuels et psychologie des concepts

1° *Les sentiments intellectuels et la paramnésie* (18 ; 123 ; 199).

A propos de l'analyse d'une évocation difficile, j'ai soulevé la question du rôle des sentiments intellectuels, des impressions qui nous renseignent

sur le fonctionnement mental (sentiment de compréhension, de reconnaissance, de nouveauté, etc.), et dont le trouble peut engendrer, par exemple, l'illusion du déjà vu (ou paramnésie) dont j'ai tenté d'esquisser, en 1902, au point de vue du mécanisme, une hypothèse explicative.

J'ai montré, d'autre part, le rôle que l'on devait faire jouer à ces sentiments dans une étude générale de la mémoire.

2° *Le concept du Hasard* (23).

M'adressant à la signification collective de l'expression de « hasard », j'ai tenté de montrer que ce concept avait évolué en sens inverse dans le sentiment populaire et dans la systématisation philosophique : les anciens opposaient le hasard à la finalité, alors qu'Aristote était surtout frappé par le caractère de finalité qu'il trouvait inclus dans la notion ; les modernes tendent à attribuer au hasard une finalité propre, alors que Cournot fait du hasard un mécanisme dans lequel la finalité ne saurait intervenir. Essayant d'analyser le contenu psychologique du concept, qui comprend à la fois une impression de finalité et une rencontre imprévisible, un élément subjectif plus ou moins clairement aperçu et une donnée objective, j'ai proposé la définition suivante : « Pour qu'il y ait hasard, il faut et il suffit qu'un événement, produit par la rencontre de deux ou plusieurs séries indépendantes de phénomènes, et par là même analytiquement imprévisible, présente un intérêt suffisant pour que l'esprit constitue la résultante des séries de causes efficientes, résultante qui paraît consister en des causes finales aboutissant à l'événement considéré » (p. 690).

3° *Les conséquences sociales des principes cartésiens* (24).

J'ai attiré l'attention sur un auteur négligé, un disciple de Descartes, qui soutint l'application des principes de son maître au domaine social et défendit, dès 1673, la thèse féministe dans toute son extension, *Poulain de la Barre*.

Je vis, dans cette genèse prématurée de concepts de notre société moderne, un modèle de l'évolution qui était contenue en germe dans le cartésianisme.

« Nous avons trouvé dans cet ouvrage, non une étape de la voie historique qui a réuni le Discours de la méthode à la Déclaration des Droits de l'Homme, mais comme une sorte de traverse qui s'est embranchée plus tôt

sur le grand chemin, et qui a conduit plus loin encore que 1789, mais où personne n'est jamais passé ! Poulain grossit le nombre de ces gens sans influence qui disent trop tôt les choses justes. Son livre est né avant terme et il n'est pas né viable. Il faudra une marche bien plus lente, mais plus sûre aussi, pour mener jusqu'aux conclusions extrêmes qu'il propose et qu'il eut dans l'esprit peut-être avant tout autre. La marche des idées sera plus logique et le chemin réel ira de Descartes au féminisme par la Révolution et non de Descartes à la Révolution par le féminisme. »

« Que d'idées restent incomprises, disais-je en matière de conclusion, pour ne pas arriver juste au moment favorable, au moment précis où tout conspire pour les faire réussir : tout conspirait au xvii^e siècle pour faire avorter les idées de Poulain. »

« Ainsi donc, là encore, nous trouvons un de ces efforts inutiles, d'une idée qui veut vivre ; inutiles, parce qu'ils se produisent trop tôt, jusqu'à ce que, trouvant enfin un terrain favorable, l'idée se développe, mûrisse, et répande par toute la terre, où elles vont germer, les graines du progrès et de l'avenir de l'humanité ! »

Rendant compte de cette étude, MAURICE PELLISSON écrivait, dans la *Revue Pédagogique* :
« L'histoire commence à s'occuper de ce que l'on pourrait appeler la maturation des idées. »
A cette étude nouvelle, M. Piéron apporte une contribution intéressante » (1902, 42, p. 31)

TITRE IV

Divers

1° *Psychologie d'un Xiphopage* (avec N. VASCHIDE : 21 ; 22).

L'étude expérimentale des deux petits Chinois soudés par un pont cartilagineux, avec communications vasculaires (type Monomphalien Xiphopage) amenés à Paris par l'exhibition Barnum, en 1901, nous a montré des différences très marquées au point de vue psychologique entre les deux jumeaux, malgré l'identité des conditions de milieu dans lesquelles ils avaient vécu.

Le sommeil et le réveil se montraient indépendants, mais les besoins organiques étaient presque toujours simultanés.

Le jumeau de gauche, qui était gaucher, avait une sensibilité plus fine, une émotivité plus grande, un caractère plus affectueux ; c'était le jumeau de droite (droitier) qui avait l'initiative et l'influence directrice, sa mémoire et sa capacité d'attention étaient supérieures, ses réactions plus rapides.

Au point de vue de la sensibilité du pont cutané sternal, on notait une région complètement insensible pour l'un et l'autre, et une autre région, au contraire, dont l'excitation était simultanément perçue par les deux frères.

.....

2° *La mémoire affective* (19 ; 199).

J'ai signalé qu'il m'arrivait, fréquemment, d'éprouver une réviviscence brusque d'états affectifs reconnus, mais dont l'évocation volontaire eût été tout à fait impossible, états complexes indéfinissables, et suscités par une odeur inaccoutumée qui leur avait été associée. Ensuite survenaient les évocations intellectuelles corrélatives de ce réveil affectif très fugace (1).

3° *Psychologie des mourants* (20).

J'ai donné, à propos de l'état mental des agonisants, quelques observations relatives à une sensation d'envol, paraissant liée à une anesthésie des régions sur lesquelles le corps repose, comme la sensation d'envol des extatiques (Pierre Janet) et des dormeurs (Bergson).

(1) Dr. Bazor a utilisé mes observations dans le chapitre relatif à la mémoire affective de son livre, *Problème de Psychologie affective* (1910, cf. p. 46).

SECTION F

Technique expérimentale et Applications

Documentation et Critique

TITRE I.

Technique

1° *Appareils et dispositifs de laboratoire* (66 ; 67 ; 119 ; 120 ; 124 ; 162 ; 168 ; 237. — Avec N. VASCHIDE : 29 — Avec Ed. TOULOUSE : 2 — 38).

J'ai dû, pour les nécessités de la recherche, faire construire un certain nombre d'appareils sur mes indications :

1° *Réflexomètre*. Le principe pour la graduation de l'intensité d'excitation réside dans le soulèvement angulaire d'un marteau percuteur suspendu à un axe et venant frapper le tendon rotulien avec une certaine force vive. Mais la force vive ne présente pas une unité valable d'excitation ; deux marteaux de masse différente apportant une même force vive, grâce à des accélérations inégales, n'ont pas même effet excitateur (l'excitation consistant en un allongement brusque du muscle par l'intermédiaire de la percussion tendineuse, et la vitesse de l'allongement étant plus importante encore que sa grandeur). En employant le même marteau, on peut avoir des valeurs comparatives en déterminant un équivalent de compression d'un ressort pour les différentes hauteurs de chute.

Un dispositif spécial (branche métallique liée à la jambe et entraînant une aiguille sur un cadran avec index laissé en place par l'aiguille dans sa position d'excursion maxima, un contact électrique étant assuré pendant la

durée du déplacement) permet, pour chaque excitation, de connaître la latence, la durée, et l'extension du déplacement réflexe de la jambe.

Un contact électrique, manœuvré par le marteau, permet d'inscrire le moment du choc et une série d'ampoules myographiques sur leviers articulés assurent l'exploration des muscles du réflexe et des antagonistes.

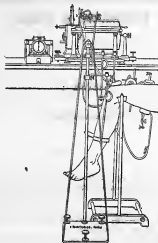


FIGURE 15.

Le dispositif réflexométrique.

2° *Cardiographe.* Afin d'éviter les déformations respiratoires des cardiogrammes dus à la compression du bouton explorateur au moment de l'ampliation thoracique, qui tire sur les courroies maintenant le cardiographe, j'ai imaginé de fixer, en position convenable, une plaque métallique avec orifice central et de faire adhérer le cardiographe sur cette plaque, le bouton explorateur passant par l'orifice.

Dans ces conditions, la traction inspiratrice s'exerce sur la plaque sans agir sur le tambour et l'on obtient un meilleur cardiogramme, sans déformations respiratoires artificielles.

J'ai donné (avec Vassilade) une analyse systématique du cardiogramme en déplaçant le bouton explorateur de manière à renforcer les phases auri-

culaires ou ventriculaires des battements, chez un sujet exceptionnellement malgré.

3° *Dispositif pour l'étude des temps de réaction et du sens du temps.* J'ai réalisé un dispositif complet permettant, par le jeu de manettes sur un tableau, de réaliser successivement ou simultanément, en durée brève ou indéfinie, des excitations visuelles (tubes de Plücker de diverses couleurs), auditives (cloches de diverses hauteurs sonores) et tactiles, d'intensité constante, les manœuvres étant faites rapidement et facilement à l'insu du sujet.

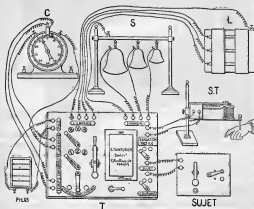


FIGURE 16.

Schéma du dispositif de mesure des temps de réaction.
(En C, l'interrupteur pour le sens du temps).

Pour l'étude de l'influence des intensités d'excitation tactile, j'ai réalisé un électropercuteur, avec une branche mobile s'abaissant pour réaliser l'excitation, et portant des aiguilles à plateau (de poids réglable) glissant dans un orifice de la branche mobile; le levier, en s'abaissant, dépose sur la peau l'aiguille, qui se trouvait tenue presque au contact, et qui pèse de son propre poids, juste maintenue en équilibre.

Pour les temps de réaction thermiques et gustatifs, j'ai adapté un contact à pointes de platine au-dessous de l'orifice d'écoulement des gouttes de solutions sèches, ou d'eau portée à la température convenable, de sorte que, au moment d'être déposées sur la peau de la langue, les gouttes ferment un circuit électrique avec relai très sensible commandant un autre circuit en

relation avec le chronoscope ou un signal de Desprez ; le moment de l'excitation pouvait ainsi être enregistré.



FIGURE 17.

A gauche l'excitateur gustatif ; à droite, l'électropercuteur avec la série de ses aiguilles.

Enfin, j'ai adopté au chronomètre de d'Arsonval un dispositif de levier très léger fermant un contact en plongeant dans un godet de mercure, ou l'ouvrant, au passage de l'aiguille : en faisant partir l'aiguille du chronomètre, on peut fermer ou ouvrir un circuit qui, au bout du temps que l'on veut (entre 1 et 99 centièmes de seconde) sera ouvert ou fermé par le petit levier que manœuvre l'aiguille et l'on réalise ainsi des excitations d'une durée déterminée et connue (inférieure à la seconde).

4° *Appareil de rotation à vitesse réglable de façon continue.* Un moteur électrique à vitesse constante fait tourner un arbre de couche conique relié par une courroie à un second arbre de couche (parallèle) également conique, mais disposé en sens inverse.

Le déplacement de la courroie permet de faire varier de façon continue la vitesse du second arbre par rapport à celle du premier.

Le second arbre est solidaire d'un troisième, également conique, qui en met en marche un quatrième de la même manière que le premier met le second.

Des disques, montés sur le troisième et le quatrième axe, tournent à des vitesses, réglables à volonté, et qui peuvent différer dans la proportion que l'on veut, entre certaines limites.

Cet appareil m'a permis certaines études relatives aux sensations visuelles (persistance rétinienne) aux sensations auditives (formant sirène de Seebeck) et aux sensations tactiles discontinues (avec des disques dentés).

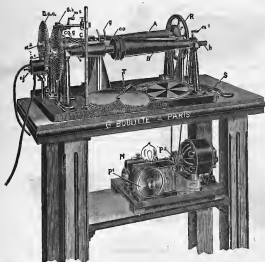


FIGURE 18.

L'appareil de rotation avec ses accessoires (vitrine de Seebek, disques tactiles et visuels, soupape électro-magnétique, etc.).

5° *Photoptomètre différentiel*. J'ai établi un photoptomètre différentiel spécial pour l'étude de l'établissement de la sensation lumineuse.

Il faut, en effet, pour réaliser une impression lumineuse de durée limitée en utilisant une fente en secteur dans un disque tournant, que le flux lumineux ne soit pas coupé en un point quelconque, sans quoi la surface lumineuse se trouve progressivement masquée et découverte, ce qui oblige à de grandes vitesses de rotation, et à des ouvertures de la fente considérables, au moins triples du diamètre du flux.

Il faut que la coupure se fasse sur une image réelle de la source lumineuse sensiblement punctiforme, ou allongée horizontalement, parallèlement à la fente du disque au moment du démasquage.

Le photoptomètre, qui peut être utilisé à des recherches d'ordre divers, est fondé sur le principe suivant. Une source lumineuse punctiforme est placée au foyer d'une lentille convexe projetant un flux lumineux parallèle

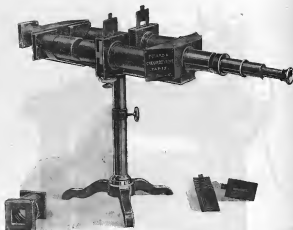


FIGURE 19.
Le Photomètre.

sur les faces, perpendiculairement disposées, de deux prismes, qui, juxtaposés symétriquement, réfléchissent chacun à angle droit une moitié du flux vers la droite ou vers la gauche ; ces deux flux partiels et égaux sont réfléchis chacun à angle droit par un autre prisme dans deux tubes noircis parallèles,

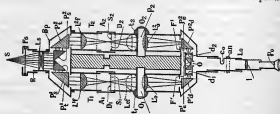


FIGURE 20.
Schéma du Photomètre

où ils rencontrent une lentille convexe à court foyer qui donne une image réelle de la source en un point, où une coupure du tube permet l'obturation par un disque tachistoscopique ; au delà du foyer, un diffuseur reçoit le flux, juste devant un diaphragme en cuir de chat permettant de régler la quantité de rayonnement qui va être transmise, et envoyée par une lentille sur un diffuseur, dont l'image sera examinée par l'intermédiaire d'une lunette. Le schéma ci-joint permet de suivre la marche du flux lumineux.

6° *Esthésiomètre à fil de verre ou de quartz*. Les inconvénients de l'esthésiomètre à crin de von Frey sont bien connus ; ils tiennent à la variabilité du crin sous des influences multiples, en particulier sous celle de l'état hygrométrique de l'air.

J'ai fait construire, en 1913, un esthésiomètre fondé sur le même principe que celui de von Frey, mais en substituant au crin un fil de verre, puis un fil de quartz.



FIGURE 21
L'Esthésiomètre.

7° *Algoesthésimètre* (avec Ed. TOULOUSE). Pour la mesure de l'intensité d'excitation correspondant au seuil de l'impression douloureuse de pincement, nous avons fait construire un algoesthésimètre.

Cet appareil consiste en un mors à deux branches ; une branche mobile peut être comprimée au moyen d'un ressort avec une force progressivement croissante ; et, pour faciliter le réglage de cette force, on emploie une vis de compression.

Une aiguille témoin, entraînée par une aiguille mobile sur un cadran, indique la compression maxima exercée, la force du pincement. D'autre part, la branche mobile entraîne deux index ; en les plaçant tous deux le long de la pointe de la branche au moment où l'on commence à exercer la compression, l'écart maximum entre les deux donne, en dixièmes de millimètres, le resserrement des tissus quand on atteint le seuil de la sensibilité algique.

8° *Schésiesthésimètre* (avec Ed. TOULOUSE). En vue d'étudier la finesse des perceptions d'attitudes segmentaires, nous avons établi un appareil adapté aux positions du bras et de la main, consistant en un pied à coulisse

portant un support sur lequel est placée la main ; en changeant la hauteur et l'inclinaison du support, on modifie les positions articulaires de l'épaule

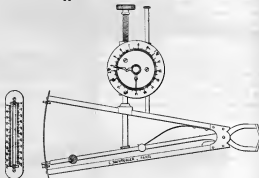


FIGURE 22.
L'Algoesthésimètre.

et du poignet ; on peut déterminer le seuil différentiel d'après le plus petit déplacement angulaire perceptible.

2° La technique des tests (avec Ed. TOULOUSE : 2 — 16 ; 17 ; 39).

Nous avons, avec Ed. Toulouse (et, au début, N. Vaschide), élaboré des méthodes de tests pour l'évaluation des diverses fonctions mentales (perceptions, réactions, attention, affectivité, mémoire, processus associatifs, logiques, etc.), et précisé les techniques psychométriques.

Notre *Technique de Psychologie expérimentale* est devenue un instrument de travail dans de nombreux laboratoires ; nos méthodes sont très généralement employées en Espagne, en Italie et en Belgique.

Notre test d'attention a été officiellement adopté pour l'application à l'orientation professionnelle par la II^e Conférence Internationale de Psychotechnique (Barcelone 1921).

Rendant compte de la 3^e édition de notre ouvrage, la *Revue de Métaphysique et de Morale* écrivait : « Ce livre de pure technique, solidement documenté, vise surtout à être immédiatement utilisable pour les chercheurs ; il renferme de nombreux exemples et indique une série d'expériences précises ou de tests choisis avec soin, dont l'emploi épargnera aux travailleurs de Laboratoire bien des tâtonnements et des erreurs » (1911, p. 5).

TITRE II

Applications

1^o *Mémoire et Pédagogie* (145 — 53 bis).

J'ai dégagé, dans une conférence aux futures Inspectrices des Ecoles Maternelles, les règles pratiques qu'il convient d'adopter en pédagogie en ce qui concerne l'utilisation et le développement de la mémoire, d'après notre connaissance scientifique des phénomènes mnémoniques et de leurs lois, et j'ai tenté de dissiper quelques préjugés dangereux relatifs aux « exercices » de mémoire.

2^o *Aptitudes et Psychométrie. — Orientation professionnelle* (118 ; 247 ; 251. — 25).

En recherchant des méthodes convenables d'évaluation pour les fonctions psychologiques, j'ai toujours eu le souci de la détermination des aptitudes en vue de leur utilisation rationnelle. C'est par les lignes suivantes que se terminait la première édition de la *Technique de Psychologie*, publiée en 1904 :

« Et surtout, classer les individus suivant leurs aptitudes avec une précision bien autre que celle que peuvent fournir des examens superficiels, des concours, ou des circonstances fortuites, telle est l'œuvre d'utilisation sociale que la science psychologique, appliquée à des questions concrètes pourra bientôt hardiment revendiquer. Dès maintenant elle essaye, elle tâtonne ; mais on peut prévoir qu'avec quelques efforts encore, elle réussira...

« La psychologie individuelle déterminera chez l'adolescent qui va devenir adulte, peut-être même chez l'enfant imparfaitement développé, quel facteur social il pourra devenir, pour le plus grand bien de lui-même et de la collectivité ».

A l'heure actuelle la psychologie appliquée réalise pleinement la tâche à laquelle nous avons très tôt participé sans jamais l'abandonner.

Traçant dans ses grandes lignes le domaine de l'« anthropologie psychologique », je disais en 1909 :

« Dans un grand nombre de métiers, la spécialisation néglige plus ou

moins complètement le facteur mental. Dans quelle mesure ce facteur est-il négligé, dans quelle mesure pourrait-on en tenir compte, c'est là un grave problème qui incombe à l'anthropologie.

« Déterminer les caractères et les causes de la supériorité professionnelle, de quelque ordre soit-elle, sans se borner au grand écrivain, au grand artiste, au grand savant, qui frappent plus la foule mais constituent des exceptions, déterminer les limites des influences éducatives et la part à attribuer aux caractères fondamentaux de la psychologie des individus, pour les différents métiers, est une vaste tâche dont on commence à peine à comprendre l'importance. On a d'ailleurs cru longtemps que les études psychologiques étaient un luxe qui serait toujours dépourvu d'applications pratiques. Mais ces applications sautent aux yeux les moins prévenus à l'heure actuelle ».

Et, en 1922, dans des conférences faites à la demande de l'Institut Lannelongue d'Hygiène Sociale, je précisais le rôle de la psychotechnique dans la réalisation d'une orientation professionnelle véritablement scientifique.

TITRE III

Bibliographie et documentation

1° Bibliographie. — Comptes rendus de travaux (7).

J'ai toujours consacré une partie de mon activité à rendre compte des travaux qu'il me paraissait intéressant et utile de faire connaître. J'ai collaboré à ce titre à la *Revue de Psychiatrie*, à la *Revue Scientifique*, à la *Revue Générale des Sciences*, à *Scientia*, à la *Revue du Mois*, à la *Revue Philosophique*, au *Journal de Physiologie*, au *Journal de Psychologie*.

J'ai, depuis 1916, assuré la collaboration française au *Psychological Index*.

Enfin, j'ai accepté, à la mort d'Alfred Binet, en 1912, de continuer la publication de l'*Année Psychologique*, assurant moi-même le dépouillement d'un grand nombre de périodiques de langue anglaise, allemande ou italienne.

« Mon effort a été récompensé par l'accueil qu'ont rencontré les volumes publiés. A l'ap-

pagazione del primo volume, la *Revue de Métaphysique et de Morale*, le segnalava in questi termini: « M. Piéron a pris sur lui la tâche considérable de continuer la publication de l'Année Psychologique, et il a fourni lui-même, par ses mémoires et par ses comptes rendus, une contribution très importante; c'est un service de premier ordre qu'il rend aux savants et aux philosophes ». Et C. FERRARI, direttore della *Rivista di Psicologia*, dichiarava: « Vogliamo segnalare subito la comparsa di questo grosso volume con cui la celebre pubblicazione periodica riprende la via che ha segnato la sua fortuna e che sembrava essa andasse dimenticando. Il merito di questo felice ritorno è del Piéron, successore del Binet ».

Quando, après l'interruzione de la guerre, je tentai, avec le XXX^e volume, de combler la lacune, MONTEN PRINCE déclara: « An annual volume of this sort, well edited as it is by M. Henri Piéron, will prove invaluable to all those engaged in original work or interested in psychology and allied subjects, whether philosophy, physiology or medicine. That this important volume should now make its reappearance will be a satisfaction to all those engaged in psychological work and we extend our congratulations to the editor for his part in its publication » (*Journ. of abn. Psych.*, oct. 1900). Et C. FERRARI s'empresse d'annoncer « il nuovo volume di questa importantissima pubblicazione... Volume di sobria e precisa informazione », dont il disait que « soprattutto dev'essere posto nel massimo rilievo la ricchezza, la sobrietà e la obiettività delle recensioni di più che 400 lavori originali con le quali si chiude questo importantissimo e personale lavoro che onora col Piéron la scienza psicologica francese ».

2° *Travaux documentaires* (1; 3; 4; 5; 6; — 89; 101; 108; 125; 132; 144; 151; 155; 162; 191; 202; 218 — 1; 2; 26; 27; 28; 29; 35; 36; 42; 48; 49; 50; 51).

Sur un certain nombre de questions auxquelles j'ai consacré des recherches originales, j'ai tenu à me mettre au courant aussi complètement que possible des travaux déjà poursuivis dans la voie où je m'engageais, et ai fait servir ma documentation à l'établissement de mises au point, afin de faciliter aux autres chercheurs leur tâche.

Je signalerai, parmi ces études documentaires, celles relatives au tonus musculaire, à l'instinct en général et aux instincts esclavagistes des fourmis, en particulier; au comportement chromatique des invertébrés, à l'autotomie, au réflexe psycho-galvanique, à l'orientation auditive; les ouvrages sur la *Sémiologie du rêve*, sur le *Sommeil*, les chapitres du *Traité de Psychologie* de G. Dumas, sur *Habitude et Mémoire*, sur la *Psychologie zoologique*. J'ai, mais dans une faible mesure, participé à l'élaboration du vocabulaire philosophique d'André Lalande, publié par la Société de Philosophie.

A propos du sommeil, SANTE DE SANCTIS consiglia tout spécialement la lecture de mon livre « che esaurì l'argomento dando una classificazione di tutte le teorie e criticandole con finezza e serenità, tanto da esimare ogni scrittore da ogni obbligo ulteriore » (*Contributi Psicol. del Labor. de Psic. Sper. di Roma*, IV).

« This work is one of notable erudition and it is at the same time lucid and readable... Whatever may be the out come of subsequent investigation, Dr Piéron's book will take its place as one of the most scientific contributions to the study of the problem of sleep that have appeared in any language », déclare le compte rendu de *The Lancet* (15 novembre 1913).

De ma revue sur le tonus, E. B. Holt dit qu'elle « summarize present views on the latter topic in a comprehensive way », et « deserve to be read by any one desiring a good general idea of the twofold neuro-muscular process » (*Ps. Bull.*, mai 1920, p. 146).

Mon livre sur l'Évolution de la Mémoire a été accueilli avec faveur : « M. Piéron a composé un ouvrage qui rendra de grands services en donnant une orientation à ceux qui se proposent de cultiver la science nouvelle et importante, qu'est la psychologie comparée », dit E. S. Russell, dans *Scientia* (1920, 8, p. 441). Et HACKETT conclut ainsi son compte rendu dans *The Journal of Philosophy*, 1920, p. 670 : « In summary two good things should be said about the book. First, it brings together a large number of widely scattered facts under a single rubric, and secondly, by so doing it suggests a number of problems for experimental solution ».

TITRE IV

Critique et contrôle

1° La critique des Rayons N (42 ; 56 ; 82. — 40).

Lorsque fut connue la découverte, par Blondlot, de radiations nouvelles qui, en l'honneur de la Ville de Nancy, où s'étaient faites les expériences, furent nommées « Rayons N », et surtout quand Charpentier déclara que ces rayons étaient émis par l'organisme en proportion de son degré d'activité vitale, un grand enthousiasme anima les chercheurs. Et je ne manquai pas de me livrer à l'étude d'un aussi précieux phénomène, qui ne nécessitait que l'observation d'un écran au sulfure de calcium, dont la luminosité, dans l'obscurité, s'intensifiait sous l'influence des rayons.

Toutefois, jugeant la méthode usuelle d'observation isolée trop dangereuse, je fis des expériences avec mon ami Guillaume : l'un de nous plaçait derrière l'écran au sulfure, sans prévenir, la source de rayons N, l'autre notait ses impressions sur les variations d'éclat, qui, dans ces conditions, sont toujours très fréquentes, et nous établissions les coïncidences. Par cette méthode, nous pûmes constater que les sources physiques de rayons N restaient absolument sans action appréciable ; en revanche, l'approche d'une partie du corps non couverte de vêtements produisait un faible accroissement de luminosité, mais accroissement toujours inférieur au seuil de certitude, ne pouvant jamais être indiqué que comme probable. Nous croyions avoir constaté nettement l'existence des rayons N d'origine physiologique, il n'en était

rien ; car un écran de bois, qui n'arrête pas les rayons N, arrêtait complètement l'influence constatée sur la luminosité du sulfure ; ce que l'on observait, c'était uniquement l'influence de la chaleur.

Je m'enquis alors, préoccupé de mon échec, de l'état des recherches entreprises par divers physiciens et physiologistes, et je fus étonné de constater que mon incapacité ne m'était pas uniquement personnelle. Beaucoup de chercheurs étaient allés à Nancy s'initier à la méthode ; d'autres avaient assisté à des démonstrations que des nancéens étaient venus faire à Paris. Mais, ou bien ils ne réussirent jamais à voir des variations d'éclat annoncées par les observateurs nancéens, ou bien, après avoir cru voir les variations ainsi annoncées ils ne réussirent pas davantage à les observer à nouveau dans leurs observations ultérieures.

D'autre part, une analyse des faits comportait des motifs grandissants de doute.

Tout d'abord, les résultats de Charpentier étaient réellement trop beaux !

Des renflements lumineux médullaires localisaient, par l'acroissement de l'éclat produit, les régions correspondant à des mouvements du bras exécutés par le sujet examiné. On suivait même les voies motrices jusqu'à noter l'entrecroisement des pyramides. Seulement, pour ce dernier résultat, il fut fâcheux que Charpentier ait oublié quelque peu son anatomie du système nerveux, car il localisa l'entrecroisement trop bas. Plus fâcheuse encore fut l'absence de toute localisation nouvelle. On retrouvait le centre de Broca, qui paraissait le plus sûr des centres, un véritable centre de confiance, mais pas un seul centre nouveau ; avec une si belle méthode, c'était aussi regrettable qu'étonnant !

Et on ne tardait pas à aller de plus fort en plus fort.

En plaçant une tache de sulfure sur des flacons contenant un extrait testiculaire, le testicule, par une résonance spéciale, émettait des rayons N plus actifs sur le sulfure, et, chose bien plus admirable, cet écran spécial permettait de localiser un centre génito-spinal dans la moelle, dans une zone déjà connue comme siège probable de ce centre. Quelle merveilleuse sympathie entre le centre génital et le testicule !

Et l'on n'était pas au bout ! Les rayons N manifestaient bientôt des influences tout à fait remarquables. Une source de ces rayons approchée d'un centre sensoriel, ou supposé tel en l'état de la science, provoquait une augmentation de la sensibilité correspondante.

Tout cela me parut le développement d'un système d'idées *a priori*, de croyances, que l'on projetait dans les phénomènes, d'observation objective bien difficile.

Et, en effet, l'examen de la méthode m'inspirait surtout des perplexités justifiées, et que la suite des événements devait augmenter encore : les variations d'éclat du sulfure attribuées aux rayons N étaient très faibles, inférieures au seuil de certitude. Or, le sulfure de calcium insolé varie d'éclat sous des actions extrêmement nombreuses, chaleur, courants d'air, variations magné-

tiques, etc. D'autre part, les mouvements des yeux, les variations d'accommodation, les oscillations d'attention, ajoutent à ces variations objectives des modifications perpétuelles de nature subjective, et influençables, directement ou indirectement, par la suggestion : il est possible de faire voir à certains sujets des accroissements d'éclat imaginaires avec des affirmations suffisamment autoritaires.

Ayant, au Congrès international de Physiologie de Bruxelles, en septembre 1904, exprimé mon scepticisme, — dont je trouvai l'écho chez de nombreux physiologistes, — à propos d'une communication de Lambert, je fus décidé à soulever un débat public après avoir lu un récit d'une visite au laboratoire de Blondlot, par le physicien américain Wood, paru dans *The Nature* et dont, je donnai la traduction dans la *Revue Scientifique* du 21 octobre 1904.

Wood disait s'être aperçu que, non seulement un faisceau de rayons N dévié par un prisme ne pouvait être retrouvé si, à l'insu des observateurs, il modifiait l'inclinaison du prisme, mais même, Blondlot étant en train de mesurer les longueurs d'onde de ces rayons déviés par le prisme avec son dispositif habituel, il s'assurait que le fait d'enlever le prisme à son insu n'empêchait pas l'observateur de continuer ses mesures en l'absence de tous rayons !

Il ne fallait pas que l'erreur nancéenne devînt, aux yeux de l'étranger, une erreur de la science française.

Secrétaire général, à ce moment, de la *Revue Scientifique*, j'y ouvris une enquête, posant le problème, dégageant les conclusions, sous forme d'ailleurs, très modérée, réclamant, sans les obtenir, des expériences de contrôle, et concluant enfin, en 1906, à la non-existence des rayons N, après une critique serrée de tous les efforts faits pour en démontrer la réalité, que cherchait à couvrir à l'Académie des Sciences la haute autorité de Becquerel et de Mascart.

Cette enquête arriva juste à temps en 1904, pour empêcher que fût publié le rapport de Becquerel sur l'attribution du grand prix Lecomte à Blondlot pour sa découverte des rayons N, dans les *Comptes Rendus* de l'Académie des Sciences.

Henri Poincaré fut chargé, en dernière heure, d'établir un rapport nouveau, ne parlant des rayons N que pour signaler la controverse dont ils étaient l'objet.

Je puis donc penser que, si l'erreur de Blondlot ne reçut pas une sanction officielle, qui eût été éminemment regrettable, après la tardive reconnaissance par l'Académie de l'importante découverte de Curie, mon initiative n'y fut pas étrangère.

Les rayons N ont quitté le domaine de la physique, mais ils relèvent de celui de la psychophysiologie au chapitre suggestion. Et, je terminai par ces réflexions l'étude historique que je leur consacrai en 1907, dans l'*Année Psychologique*.

« Les rayons N nous ont montré comment, dans un grand esprit, mal servi par un tempérament nerveux à l'excès, une idée engendrée par les réflexions sûr des découvertes antérieures, a pu, dans un domaine où le subconscient joue un rôle immense, celui de l'observation dans l'obscurité de faibles luminescences, engendrer la vision de variations d'éclat, systématisées par des conceptions *a priori* ; ils nous ont montré le développement dans le même esprit, suivant des coïncidences et des hasards, qu'il faudrait retracer en détail, de toutes sortes de propriétés auxquelles on était en droit de s'attendre, la contagion à d'autres esprits où, suivant les pré-occupations propres, de nouvelles orientations développaient des systèmes nouveaux, les voies étant toujours déterminées par les idées *a priori* ; ils nous ont montré comment, à défaut de la suggestion agissante, la notion d'autorité fit admettre ce qu'on ne pouvait pas voir, quitte à se douer soi-même d'une incapacité, d'une infirmité véritable ; ils nous ont montré également les limites de l'action suggestive ainsi que ses modalités, les limites du principe d'autorité qui ne franchit guère les frontières, ainsi que les facteurs, qui vinrent combattre ces premières influences, et parmi lesquels, il faut le reconnaître, la rivalité nationale ou la jalousie personnelle ont pu jouer un rôle ; ils nous ont montré enfin, en même temps que les natures d'esprit de beaucoup de physiciens français, la nécessité, chez les savants trop spécialisés, d'une éducation psychologique et logique qui eût sans doute empêché, dans les milieux compétents, la si longue propagation d'une aussi gigantesque erreur ». (82, p. 168).

2° Expériences de contrôle (14 ; 15 — 59 ; 60 ; 61).

Malgré la perte de temps que nécessitent des expériences soigneuses de contrôle, je n'ai jamais voulu me refuser à en entreprendre, quand on me demanda d'étudier quelque phénomène d'allure nouvelle, si étrange qu'il pût paraître.

Nulle théorie ne peut s'opposer, en effet, au fait bien établi, mais encore faut-il, pour admettre un fait, ne pas se laisser prendre à des apparences trompeuses. Ainsi ai-je examiné, avec P. Bonnier et Courtier, un homme qui, sans avoir appris, paraît-il, la musique, composait au piano sous l'inspiration, d'après ses dires, des musiciens disparus qui se servaient de son organisme à son insu. Cette étude montra un certain don d'improvisation musicale, d'ailleurs médiocre, sans aucune réalité du dédoublement affirmé ; en faisant lire pendant la composition on obtenait, comme on pouvait psychologiquement s'y attendre, une lecture lente et difficile et un jeu extrêmement troublé.

J'ai accepté aussi avec G. Dumas, Lapicque et Laugier de contrôler les manifestations dites ectoplasmiques du médium Eva G.

Après 15 séances, notre rapport devait conclure que, « en ce qui concerne l'existence d'un « ectoplasme » qui serait inexplicable au moyen des données actuelles de la physiologie, nos expériences ont abouti à des résultats qui ne peuvent être considérés que comme entièrement négatifs ».

En fait, à deux reprises seulement, nous avons assisté aux manifestations ; or, le médium se contentait, après des efforts de vomissement, de faire sortir prudemment de sa bouche une substance sans mobilité propre, et qu'elle ravalait aussitôt qu'on cherchait à en percevoir la nature.

Avec Delacroix, Dumas, Lapicque, Meyerson et Rabaud, j'ai organisé dans mon laboratoire une expérience, relative à la « vision extra-rétinienne » de Jules Romains Farigoule, et qui aboutit à montrer la réalité d'une vision oculaire insuffisamment empêchée par le bandeau placé sur les yeux du sujet.

Enfin, j'ai tenté autrefois de mettre expérimentalement en évidence des phénomènes télépathiques, avec Vachide, et j'y ai complètement échoué. A des critiques qui attribuaient au parti pris nos conclusions négatives, je répondais en 1902 : « D'un point de vue de méthode scientifique, nous considérons que la télépathie est une hypothèse qui ne doit être admise, que dans la mesure où elle rend compte clairement, et seule, de cas bien observés pour lesquels aucune autre hypothèse plus simple ne conviendrait... »

« La preuve de cette nécessité ne nous paraît point faite et ne nous est pas apparue avec évidence, surtout dans le domaine de notre expérience ».
(Revue des études psychiques, 2^e année, 10-11 ; 1902, p. 306).

3^e Critique. Etudes diverses (11 ; 37 ; 53 ; 58 bis ; 63).

J'ai été conduit maintes fois à critiquer des expériences ou des théories qui n'étaient pas satisfaisantes au point de vue logique.

Parmi ces critiques, d'inégale importance, je signalerai celle que j'ai faite de certains modes d'application du calcul des probabilités et en particulier de la notion ambiguë de *série* ; suivant qu'on définit la série de 6 rouges suivies d'une noire à la roulette, comme série de six rouges terminée par l'apparition d'une noire, ou comme série de six rouges et une noire, on établit ou on réfute la légitimité de l'attente des joueurs qui, après six rouges consécutives, comptent sur la noire.

J'ai signalé les amusantes confusions et contradictions des définitions scientifiques du dictionnaire de l'Académie, qualifiant, pour citer un exemple entre cent, le *dromadaire* « d'espèce de chameau qui a une seule bosse sur le dos et qui va fort vite » et donnant comme exemple, pour illustrer le sens

du mot *bosse* : « la bosse du chameau » et « les deux bosses du dromadaire ».

J'ai tenté, en analysant les causes de succès du nouveau thaumaturge nancéen, Emile Coué, renouvelant, en apparence seulement, les méthodes de son maître Liébeault, de montrer ce qu'avait de légitime la thérapeutique suggestive, mais ce qu'elle avait de dangereux, quand elle était systématiquement irrationnelle.

A ce propos, j'ai examiné ce qu'était la suggestion, bien définie par Pierre Janet comme « la provocation d'une impulsion à la place d'une réalisation réfléchie » et si ramenée, au point de vue physiologique, le processus de réalisation d'une suggestion efficace au mécanisme de formation du réflexe conditionnel, qui donne le type même de l'impulsion suggérée.

The first of these is the fact that the
the second is the fact that the
the third is the fact that the
the fourth is the fact that the
the fifth is the fact that the
the sixth is the fact that the
the seventh is the fact that the
the eighth is the fact that the
the ninth is the fact that the
the tenth is the fact that the

the eleventh is the fact that the
the twelfth is the fact that the
the thirteenth is the fact that the
the fourteenth is the fact that the
the fifteenth is the fact that the
the sixteenth is the fact that the
the seventeenth is the fact that the
the eighteenth is the fact that the
the nineteenth is the fact that the
the twentieth is the fact that the

the twenty-first is the fact that the
the twenty-second is the fact that the
the twenty-third is the fact that the
the twenty-fourth is the fact that the
the twenty-fifth is the fact that the
the twenty-sixth is the fact that the
the twenty-seventh is the fact that the
the twenty-eighth is the fact that the
the twenty-ninth is the fact that the
the thirtieth is the fact that the

LISTE DES PUBLICATIONS

I. — LIVRES

1. — *La psychologie du Rêve au point de vue médical* (avec N. Vaschide). 1 vol. in-16 de 96 pages, Collection des actualités médicales, Paris, Baillière, 1902.
 2. — *Technique de psychologie expérimentale*, 1^{re} édition (avec Ed. Toulouse et N. Vaschide). 1 vol. in-16 de 338 pages, Paris, Doin, 1904.
2^e Edition (avec Ed. Toulouse). 2 vol. in-16 de 303 et 288 pages. Bibliothèque de Psychologie de l'Encyclopédie Scientifique, Paris, Doin, 1911.
 3. — *L'évolution de la Mémoire*. 1 vol. in-16 de 360 pages. Bibliothèque de Philosophie Scientifique, Paris, Flammarion, 1910.
 4. — *Le problème physiologique du sommeil*. 1 vol in-8° de 520 pages, Paris, Masson, 1913.
 5. — *Le cerveau et la pensée*. 1 vol. in-16 de 331 pages. Nouvelle Collection Scientifique, Paris, Alcan, 1923.
 6. — Collaboration au *Traité de Psychologie*, dirigé par G. Dumas.
Les Réflexes sub-élémentaires. L'Habitude et la Mémoire, in Tome I.
In-8°, Paris, Alcan, 1923.
La Psychologie zoologique, in Tome II (sous presse).
 7. — *L'Année Psychologique*.
XIX^e année. In-8°, XII-516 p., 1913. Paris, Masson.
XX^e année. In-8°, XII-545 p., 1914. Paris, Masson.
XXI^e année. In-8°, XII-522 p., 1920. Paris, Masson.
XXII^e année. In-8°, XII-608 p., 1922. Paris, Alcan.
XXIII^e année. In-8° (sous presse). Paris Alcan.
-

II. — NOTES ET MÉMOIRES ORIGINAUX ⁽¹⁾

1901

1. — *Sur l'interprétation des faits de rapidité anormale dans le processus d'évocation des images*. Communication au IV^e Congrès international de Psychologie, Paris, 24 août 1900, in *Comptes rendus des séances et textes des mémoires*, in-8°, Paris, Alcan, 1901, p. 439-449.
2. — *Interprétation psychologique d'une illusion d'optique*. Bulletin de l'Institut Psychologique international, 1, 4, 1901, p. 202-207.
3. — *Contribution à la sémiologie du rêve* (avec N. Vaschide). Gazette des Hôpitaux, 74, 59, 1901, p. 569-572.
4. — *La valeur sémiologique du rêve* (avec N. Vaschide). Revue Scientifique, 15, 13-14, 1901, p. 385-399 et 427-430.
5. — *Valeur symptomatique du rêve au point de vue de l'état mental de la veille chez une circulaire* (avec N. Vaschide). Gazette des Hôpitaux, 74, 95, 1901, p. 913-916, et, en anglais, in *The Journal of Mental Pathology*, 1, 2, 1901, p. 72-78.
6. — *Contribution à la sémiologie du rêve* (avec N. Vaschide). Bull. Soc. d'Anthropologie, 5, 1901, p. 293-300.
7. — *Le rêve prophétique dans les croyances et les traditions des peuples sauvages* (avec N. Vaschide). Bull. Soc. d'Anthropologie, 5, 1901, p. 195-203.
8. — *La croyance à la valeur prophétique du rêve dans l'Orient antique* (avec N. Vaschide). Revue de Synthèse historique, 3-4, 8-9-10, 1901-1902, p. 151-184, 283-296, 18-34.
9. — *La valeur du rêve prophétique dans la conception biblique* (avec N. Vaschide). Revue des traditions populaires, 16, 7, 1901, p. 345-361.
10. — *Prophetic dreams in Greek and Roman Antiquity* (avec N. Vaschide). The Monist, 11, 2, 1901, p. 161-195.
11. — *La valeur prophétique du rêve d'après la psychologie contemporaine* (avec N. Vaschide). La Revue, 37, 12, 1901, p. 630-645.

1902

12. — *Le rêve prophétique dans la croyance et la philosophie des Arabes* (avec N. Vaschide). Bull. de la Société d'Anthropologie, 5, 2, 1902, p. 228-244.
13. — *De la valeur prophétique du rêve dans la philosophie et dans la pensée contemporaine* (avec N. Vaschide). Revue internationale de Sociologie, 10, 5-6, 1902, p. 321-337, 443-467.
14. — *Un cas d'apparence télépathique : le fait et l'interprétation*. Annales des Sciences psychiques, 12, 5, 1902, p. 303-310.

(1) Abréviations employées : A. F. A. S. Association française pour l'avancement des Sciences. — An. Ps. Année Psychologique. — B. B. Comptes rendus et mémoires de la Société de Biologie. — C. R. Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — J. de Ps. Journal de Psychologie. — E. Ph. Revue Philosophique.

15. — *Contribution expérimentale à l'étude des phénomènes télépathiques* (avec N. Vaschide). Bull. de l'Institut général psychologique, 2, 2, 1902, p. 117-140.
16. — *Classification des phénomènes psychiques pour la recherche expérimentale* (avec Ed. Toulouse et N. Vaschide), Comm. au V^e Congrès international de Physiologie, Turin, 1902. Revue de Psychiatrie, 13, 8, 1903, p. 328-342. Et, en anglais, in Mind, 40, 1902, p. 535-547.
17. — *Mesure de la mémoire des chiffres (technique)*. Revue de Psychiatrie et de Psychologie expérimentale 5, 1, 1902, p. 16-20.
18. — *Sur l'interprétation des faits de paramnésie*. R. Ph., 27, 8, 1902, p. 160-161.
19. — *La question de la mémoire affective*. R. Ph., 27, 12, 1902, p. 612-615.
20. — *Contribution à la psychologie des mourants*. R. Ph., 27, 12, 1902, p. 615-617.
21. — *Recherches expérimentales sur la vie mentale d'un Xiphopage* (avec N. Vaschide). C. R., 134, 1902, p. 676-678.
22. — *L'état mental d'un Xiphopage* (avec N. Vaschide). Revue Scientifique 4^e série, 47, 18-19, 1902, p. 555-562 et 583-590.
23. — *Essai sur le Hasard (La psychologie d'un concept)*. Revue de Métaphysique et de Morale, 10, 6, 1902, p. 682-696.
24. — *De l'influence sociale des principes cartésiens. Un précurseur inconnu du féminisme et de la Révolution : Poulsen de la Barre*. Revue de Synthèse historique, 5, 2 et 3, 1902, p. 153-156 et 270-283.

1903

25. — *La rapidité des processus psychiques*. R. Ph., 28, 1, 1903, p. 89-96.
26. — *L'association médiate*. R. Ph., 28, 8, 1903, p. 142-150.
27. — *La connaissance du caractère par l'étude des associations d'idées*. Bulletin de l'Institut général psychologique, 3, 6, 1903, p. 650-660.
28. — *Un cas de précocité commerciale*. Revue de Psychiatrie et de Psychologie expérimentale, 8, 1903, p. 342-343.
29. — *L'analyse de la pulsation cardiaque humaine* (avec N. Vaschide). Arch. gén. de Médecine, 80, 45, 1903, p. 2817-2844.
30. — *Un cas d'obsession scrupuleuse s'ajoutant à un délire érotique*. Gazette des Hôpitaux, 76, 87, 1903, p. 877-879, et, en anglais, in The Journal of Mental Pathology, 3, 4-5, 1902-1903, p. 131-135.

1904

31. — *Du rôle du sens musculaire dans l'orientation de certaines espèces de fourmis*. Bulletin de l'Institut général psychologique, 4, 2, 1904, p. 168-185.
32. — *Les méthodes de la Psychologie zoologique*. R. Ph., 29, 8, 1904, XXIX^e an., 8, p. 171-173.
33. — *L'immobilité protectrice chez les animaux*. Revue Scientifique, 1904, 17, p. 523-527.
34. — *Contribution à l'étude du problème de la reconnaissance chez les fourmis*. Communic. au VI^e Congrès internat. de Zoologie, Berne, août 1904. Comptes rendus, Genève, 1905, p. 482-490.
35. — *Observations de Psychologie animale (Rêves d'animaux. Sommeil chloroformé)*.

- mique de la mouche). Rev. de Psychiatrie et de Psychol. expér., 9, 2, 1904, p. 79-81.
36. — *Psychologie animale (Le langage du perroquet)*. Revue de Psychiatrie et de Psychol. expér., 9, 5, 1904, p. 198-200.
37. — *De l'influence des émotions sur le langage*. Revue de Psychiatrie et de Psychol. expér., 9, 3, 1904, p. 111-112.
38. — *La psychologie des jeux*. Revue de Psychiatrie et de Psychol. expér., 9, 7, 1904, p. 292-298.
39. — *Mesure de l'affinité synthétique : l'abstraction* (avec Ed. Toulouse et N. Vasside). Revue de Psychiatrie, 9, 5, 1904, p. 200-203.
40. — *L'enseignement de la morale dans les classes de Quatrième*. Revue Universitaire, 15 juin 1904, XIII^e an., 6, p. 11-23.
41. — *La conception générale de l'Association et les données de l'expérience*. Revue Philosophique, 29, 5, 1904, p. 493-518.
42. — I. *Les Rayons N existent-ils ?* II. *La solution du problème de l'existence des rayons N*. III. *Les expériences de M. Bordier prouvent-elles l'existence des rayons N ?* (publié sous le couvert de la Revue Scientifique). Revue Scientifique, 5^e série, 2, 1904, p. 545-552, 706-709 et 783-785.

1905

43. — *Psychologie animale (Jeux cynégétiques des Phoques)*. Revue de Psychiatrie et de Psychol. expér., 10, 2, 1905, p. 88-89.
44. — *Un cas d'abstraction chez un chien*. Revue de Psychiatrie et de Psychol. expér., 10, 1, 1905, p. 30-31.
45. — *Sens esthétique des femelles*. Revue de Psychiatrie et de Psychol. expér., 10, 6, 1905, p. 253-254.
46. — *Un nouveau cylindre enregistreur*. Revue de Psychiatrie et de Psychol. expér., 10, 4, 1905, p. 160-162.
47. — *Anesthésie hystérique à la fatigue*. Commun. au V^e Congrès intern. de Psychologie, Rome, avril 1905. Atti del V^e Congresso internazionale di Psicologia, 1906, p. 472-474.
48. — *Statistique de cent nuits de rêves*. Commun. au V^e Congrès international de Psychologie, Rome, avril 1905. Atti del V^e Congresso internazionale di Psicologia, 1906, 314-315.
49. — *Monographie d'une espèce de Myrmicidae*. Commun. au V^e Congrès intern. de Psychologie, Rome, avril 1905. Atti del V^e Congresso internazionale di Psicologia, 1906, p. 304.

1906

50. — I. *Généralité du processus olfactif de reconnaissance chez les fourmis*. II. *Exceptions et variations dans le processus olfactif de reconnaissance chez les fourmis*. III. *Mécanisme de la reconnaissance chez les fourmis. Rôle des données olfactives*. B. B., 64, 1906, p. 385-387, 433-435, 471-473.
51. — *Le rôle de l'olfaction dans la reconnaissance des fourmis*. C. R., 143, 1906, p. 845-848.
52. — *Contribution à la psychophysiologie des Actinies*. I. *Les sensations*. II. *Les*

- réactions de l'*Actinia equina*. Bulletin de l'Institut général Psychologique, 6, 2, 1906, p. 146-169.
53. — Contribution à l'étude des rapports éthologiques des crabes et des actinies. Bull. de l'Institut général Psychologique, 6, 2, 1906, p. 98-103.
54. — La réaction aux marées par anticipation réflexe chez *Actinia equina*. B. B., 61, 1906, p. 658-660.
55. — Le rythme des marées et le phénomène de l'anticipation réflexe (avec G. Bohn). B. B., 61, 1906, p. 660-661.
56. — L'état actuel de la question des rayons N. (Publié sous le couvert de la Revue Scientifique). Revue Scientifique, 5^e série, 5, 1906, p. 129-136.
57. — I. Du cycle nycthéral de la température dans les cas d'activité nocturne et de sommeil diurne. II. Le cycle thermique nycthéral chez les veilleurs dans leur service de nuit. III. Le passage du cycle nycthéral normal de la température au cycle inversé. IV. Le mécanisme de l'inversion du cycle nycthéral (avec Ed. Toulouse). B. B., 61, 1906, p. 473-475, 520-522, 558-559, 615-617.

1907

58. — La régulation du cycle nycthéral de la température et son inversion chez les personnes qui veillent (avec Ed. Toulouse). C. R., 144, 1907, p. 47-49.
59. — Le mécanisme de l'inversion chez l'homme du rythme nycthéral de la température (avec Ed. Toulouse). Journal de Physiologie, 3, 1907, p. 425-440.
60. — Des phénomènes d'adaptation biologique par anticipation rythmique. C. R., 144, 6, 1907, p. 338-341.
61. — La question des rythmes spontanés et des phénomènes d'anticipation en biologie. B. B., 62, 1907, p. 86.
62. — La question du rôle des fibres centrifuges du nerf optique. Revue des Idées, 4, 44, 1907, p. 766-772.
63. — Une expérience sur le mécanisme de l'attention sensorielle (avec E. Maigre). Revue de Psychiatrie, 41, 4, 1907, p. 161-164.
64. — Le mécanisme du renforcement sensoriel dans l'attention est-il périphérique ou central ? (avec E. Maigre). J. de Ps., 4, 3, 1907, p. 240-252.
65. — Explication ou expression (à propos d'une critique des théories psychologiques). R. Ph., 32, 9, 1907, p. 284-287.
66. — Une méthode de cardiographie humaine évitant les déformations respiratoires. B. B., 62, 3, 1907, p. 141-142. J. de Ps., 4, 3, 1907, 222-225.
67. — La technique cardiographique. Revue de Psychiatrie, 41, 9, 1907, p. 384-388.
68. — L'adaptation à la recherche du nid chez les fourmis. B. B., 62, 5, 1907, p. 216-217.
69. — De la mise en réserve du saccharose chez le *Lasius Niger* après inversion par une diastase salivaire. B. B., 62, 15, 1907, p. 772.
70. — Sur la fondation de nouvelles colonies d'*Aphaenogaster* (Messor) *barbara* Nigra. Bull. Soc. Entomologique, 46, 1907, p. 280-282.
71. — I. De l'autotomie évasive chez le crabe. II. De l'autotomie protectrice chez le crabe. B. B., 62, 1907, p. 863-864 et 906-908.
72. — Autotomie protectrice et autotomie évasive. C. R., 144, 1907, p. 1379-1381.
73. — Autotomie et autospasme. B. B., 63, 1907, p. 426-427.

74. — I. L'autotomie protectrice réflexe chez les Orthoptères. II. L'autotomie évolutive chez les Orthoptères. B. B., 63, 1907, p. 463-465 et 571-573.
75. — Sur une prétendue réfutation de l'autotomie psychique (réponse à Mlle Drzewina). B. B., 63, 1907, p. 461-463.
76. — L'autotomie volontaire chez les Décapodes. Quelques idées et quelques faits. B. B., 63, 1907, p. 517-519.
77. — Recherches sur l'autotomie. De l'existence d'une autotomie psychique superposée à l'autotomie réflexe. Archives internationales de Physiologie, 5, 1, 1907, p. 110-121.
78. — La question d'un centre sous-cortical des émotions et la théorie périphérique. J. de Ps., 4, 4, 1907, p. 334-336. La théorie des émotions et les données actuelles de la physiologie. J. de Ps., 4, 5, 1907, p. 439-451.
79. — Le problème des limites physiologiques de l'activité volontaire. Bull. Soc. d'Anthropologie, 8, 5, 1907, p. 491-499.
80. — Du mécanisme de la rétention du bromure de potassium dans l'hypochloruration (avec Ed. Toulouse). B. B., 62, 9, 1907, p. 402-404.
81. — Action de l'hypochloruration dans le traitement bromuré de l'épilepsie (avec Ed. Toulouse et Requier). Bull. Soc. Méd. des Hôpitaux, 3^e série, 29, 9, 1907, p. 245-261.
82. — Grandeur et décadence des rayons N. Histoire d'une croyance. An. Ps., 13, 1907, p. 143-160.
83. — L'étude expérimentale des facteurs du sommeil normal : La méthode. B. B., 62, 7, 1907, p. 307-309.
84. — Comment se pose expérimentalement le problème des facteurs du sommeil. B. B., 62, 8, 1907, p. 342.
85. — L'état actuel du problème des facteurs du sommeil périodique. I. Insuffisance des voies d'introduction péritonéale, rachidienne et ventriculaire. II. Introduction vasculaire de sang insomnique. B. B., 62, 1907, p. 400-402 et 1005-1006.
86. — I. Les rapports entre les conditions physiologiques et les modifications histologiques des cellules cérébrales dans l'insomnie expérimentale. II. Retour à l'état normal des cellules nerveuses après les modifications provoquées par l'insomnie expérimentale (avec R. Legendre). B. B., 62, 1907, p. 312-314 et 1007-1008.
87. — Le sommeil comme phénomène de convergence physiologique. A. F. A. S., 30^e session, 1907, p. 252-253. Rivista di Scienza, 3, 5, 1908 (sous le titre) : La polygénèse des états de sommeil).

1908

88. — Distribution des altérations cellulaires du système nerveux dans l'insomnie expérimentale (avec R. Legendre). B. B., 64, 11, 1908, p. 1102-1103.
89. — Le problème de l'autotomie. Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique, 42, 1908, p. 185-246.
90. — A propos du problème de l'autotomie volontaire. Rev. des Idées, 5, 51, 1908, p. 291-293.
91. — Contribution à l'étude de l'activité animale. Activité réflexe ou volontaire. J. de Ps., 5, 1, 1908, p. 32-35.

92. — Contribution à l'étude de l'immobilité protectrice. I. Sa polygenèse. II. L'immobilisation volontaire. B. B., 64, 1908, p. 184-186 et 211-213.
93. — Sur les facteurs des mouvements d'ascension et de descente chez les *Convoluta*. B. B., 64, 37, 1908, p. 673-675.
94. — Les facteurs des mouvements périodiques des *Convoluta* dans leur habitat naturel. Bull. du Muséum, n° 7, 1908, p. 393-400.
95. — La rythmicité chez *Actinia equina*. B. B., 65, 38, 1908, p. 726-729.
96. — De l'influence de l'oxygène dissous sur le comportement des invertébrés marins. I. Quelques recherches préliminaires sur les besoins respiratoires. II. Quelques moyens de défense contre l'asphyxie. III. Des rythmes engendrés par une variation périodique de la teneur en oxygène. IV. Du rôle à attribuer à l'oxygène dans la réaction des actinies aux marées. V. Quelques observations complémentaires sur *Actinia equina*. B. B., 64, 1908, p. 886-888, 955-957, 1020-1022, 1061-1063 et 1161-1163.
97. — De l'influence réciproque des phénomènes respiratoires et du comportement chez certaines actinies. C. R., 147, 25, 1908, p. 1407-1410.
98. — La localisation du sens de discrimination alimentaire chez les limnées. C. R., 147, 4, 1908, p. 279-280.
99. — Le sens chimique des limnées. A. F. A. S., 37^e session, 1908, p. 603-608.
100. — Contribution à l'étude des phénomènes sensoriels et du comportement des vertébrés inférieurs. Bull. Inst. génér. Psychol., 8, 4, 1908, p. 321-327.
101. — Les problèmes actuels de l'instinct. B. Ph., 33, 10, 1908, p. 329-369, et Bull. Soc. d'Anthropologie, 1908, p. 503-539.
102. — L'évolution du psychisme. Revue du Mois, 3, 27, 1908, p. 291-311.
103. — La question du siège des émotions et la théorie périphérique. J. de Ps., 5, 2, 1908, p. 166-169.
104. — Sur la réflexométrie clinique. Le réflexe patellaire (avec Ed. Toulouse). Bull. Soc. Clinique de Méd. Mentale, 4, 1, 1908, p. 20-22.

1909

105. — A propos des problèmes de l'autotomie. B. B., 66, 4, 1909, p. 172-174.
106. — Des réactions de l'*Actinia equina* à la désoxygénation progressive du milieu. B. B., 66, 14, 1909, p. 626-628.
107. — Sens de l'orientation et mémoire topographique de la Patelle. C. R., 148, 8, 1909, p. 530-532.
108. — Contribution à la Biologie de la Patelle et de la Calyptrée. I. Le sens du retour et la mémoire topographique. II. L'éthologie. Les phénomènes sensoriels. Arch. de Zoologie expér., 5, 1, 1, 1909, p. 18-19, et Bulletin Scientifique, 43, 2, 1909, p. 71-90.
109. — Contribution à la biologie des Ephyppigères. Feuille des Jeunes Naturalistes, 39, 463, 1909, p. 142-143.
110. — Quelques observations sur les problèmes biologiques suscités par le vol des insectes. Feuille des Jeunes Naturalistes, 39, 468, 1909, p. 235-242.
111. — La sensibilité chimique des Nasses. A. F. A. S., 38^e session, 1909, p. 729-735.
112. — L'étude expérimentale de l'anticipation adaptative. A. F. A. S., 38^e session, 1909, p. 735-739.

113. — La loi d'évanouissement des traces mnémoniques en fonction du temps chez les Limnées. C. R., 149, 11, 1909, p. 513-516.
114. — L'adaptation aux obscurations répétées comme phénomène de mémoire chez les animaux inférieurs. La loi de l'oubli chez la Limnée. Archives de Psychologie, 9, 33, 1909, p. 39-51.
115. — Studio sperimentale della memoria negli animali inferiori. I fenomeni d'adattamento. Rivista di Psicologia applicata, 5, 4, 1909, p. 298-309.
116. — Du rôle de la mémoire dans les rythmes biologiques. R. Ph., 34, 7, 1909, p. 17-48.
117. — De la mémoire inorganique à la mémoire humaine. Revue du Mois, 4, 42, 1909, p. 686-693.
118. — L'anthropologie psychologique. Son objet, sa méthode. Rev. de l'Ecole d'Anthropologie, 19, 4, 1909, p. 113-127.
119. — Sur un dispositif pour l'étude des temps de réaction et du sens du temps au moyen d'excitations sensorielles d'intensité constante. J. de Ps., 6, 4, 1909, p. 331-335.

1910

120. — La notion d'exagération du réflexe rotulien et la réflexométrie. Revue Neurologique, 48, 20, 1910, p. 398-402.
121. — L'analyse du réflexe rotulien. Revue Neurologique, 48, 23, 1910, p. 597-599.
122. — La théorie périphérique des émotions et les expériences de Gemelli. J. de Ps., 7, 5, 1910, p. 441-443.
123. — Contribution à l'étude des sentiments intellectuels. R. Ph., 35, 10, 1910, p. 409-411.
124. — L'algéométrie. Revue de Psychiatrie, 44, 4, 1910, p. 142-147.
125. — Le problème des instincts esclavagistes et parasitaires chez les Fourmis. Rev. gén. des Sciences, 24, 17, 18, 19, 1910, p. 726-736, 769-779, 803-814.
126. — Le rythme des attitudes mimétiques du Dixippus morosus. Bull. du Muséum, n° 4, 1910, p. 193-195.
127. — I. Réfutation expérimentale des théories dites osmotiques du sommeil. II. La théorie de l'autonarcose carbonique comme cause du sommeil et les données expérimentales (avec R. Legendre). B. B., 68, 20, 1910, p. 962-964 et 1014-1016, et Bull. du Muséum, 46, 1910, p. 289-292.
128. — Le problème des facteurs du sommeil. I. Résultats d'injections vasculaires et intracrânielles de liquides insomniques. II. Des résultats histophysiologiques de l'injection intra-occipito-atlantoidienne de liquides insomniques (avec R. Legendre). B. B., 68, 1910, p. 1077-1079 et 1108-1110 et Bull. du Muséum, 46, 1910, p. 343-348.
129. — L'état actuel du problème expérimental du sommeil. A. F. A. S., 39^e session, 1910, p. 199-201.
130. — Les variations physiologiques comme phénomène d'expression des émotions. Rev. de Psychiatrie, 44, 12, 1910, p. 485-506.
131. — Le réflexe psycho-galvanique en médecine mentale. Annales médico-psychologiques, 69, 1, 1911, p. 75-80.

1911

132. — L'illusion de Müller-Lyer et son double mécanisme. R. Ph., 36, 3, 1911, p. 245-284.
133. — Du développement, au cours de l'insomnie expérimentale, de propriétés hypnotiques des humeurs en relation avec le besoin croissant de sommeil (avec R. Legendre). B. B., 70, 6, 1911, p. 190-192.
134. — Contribution expérimentale à la physiologie du sommeil (avec R. Legendre). C. R., 152, 8, 1911, p. 456-458, et Rev. de Psychiatrie, 45, 5, 1911, p. 190-192.
135. — Effets de la fatigue musculaire sur les cellules du système nerveux central (avec R. Legendre). Journ. de Physiologie, 46, 4, 1911, p. 519-526.
136. — Contribution à la psychologie du Poulpe. L'acquisition d'habitudes. Bull. Inst. gén. Psychol., 11, 2, 1911, p. 111-119.
137. — Sur la détermination de la période d'établissement dans les acquisitions mnémoniques. C. R., 152, 21, 1911, p. 1410-1413.
138. — Les courbes d'évanouissement des traces mnémoniques. C. R., 152, 17, 1911, p. 1115-1118.
139. — L'étude biologique de la mémoire. Bull. de la Soc. fr. de Philosophie, 11, 1, 1911, p. 1-9 et 9-27.

1912

140. — I. De la propriété hypnotique des humeurs développée au cours d'une veille prolongée. II. Destruction par oxydation de la propriété hypnotique des humeurs développée au cours d'une veille prolongée. III. Insolubilité dans l'alcool et solubilité dans l'eau de l'hypnotoxine engendrée par une veille prolongée (avec R. Legendre). B. B., 72, 1912, p. 210-212, 274-275 et 302-304, et Bull. du Muséum, 48, 1912, p. 177-182.
141. — Le problème de l'orientation envisagé chez les journaux. Scientia, 42, 25, 1912, p. 217-243.
142. — Sur le mécanisme de la rétention du brome dans l'hypochloruration (avec Ed. Toulouse). Rev. de Psychiatrie, 46, 10, 1912, p. 398-403.
143. — Contribution à l'étude du réflexe rotulien. Réflexes et sommeil. Réflexes et Bromuration (avec Ed. Toulouse). Rev. de Psychiatrie, 46, 7, 1912, p. 271-277.
144. — La question du mécanisme des variations physiologiques émotives. Rev. de Psychiatrie, 46, 9, 1912, p. 354-359.
145. — Du rôle et de l'éducation de la mémoire chez l'enfant. (Conférence faite à la Sorbonne, 10 mai 1910, aux candidates à l'inspection des écoles maternelles), in, La Grande Semaine des Ecoles Maternelles, in-8°, Paris, Jeandé, 1912, p. 35-48.
146. — I. De la variation du temps perdu de la sensation en fonction de l'intensité de l'excitation. II. De la relation qui unit le temps de latence de la réaction à l'intensité de l'excitation. C. R., 155, 1912, p. 998-1001 et 1176-1179.
147. — La loi de Weber-Fechner et le temps de latence des réactions. B. B., 73, 1912, p. 214-216.

1913

148. — *Recherches sur le besoin de sommeil consécutif à une veille prolongée* (avec R. Legendre), *Zeitschrift für allgemeine Physiologie*, 14, 2, 1913, p. 235-262.
149. — *Le sommeil*, *Biologica*, 3, 34, 1913, p. 289-298.
150. — *Le domaine psychologique*, *An. Ps.*, 19, 1913, p. 1-26.
151. — *Recherches expérimentales sur les phénomènes de mémoire*, *An. Ps.*, 19, 1913, p. 91-133.
152. — *Sur la manière dont les Poulpes viennent à bout de leur proie, des Lamel-libranches en particulier*, *Arch. de Zool. expér.*, 53, 1, 1913, p. 1-13.
153. — *A propos de la catalepsie des Phasmodes*, *B. B.*, 74, 19, 1913, p. 1079-1081.
154. — *Le mécanisme de l'adaptation chromatique et la livrée nocturne de l'Idotea tricuspidata*, *C. R.*, 157, 20, 1913, p. 951-953.

1914

155. — *Recherches sur le comportement chromatique des Invertébrés et en particulier des Isopodes*, *Bull. Scientifique de la France et de la Belgique*, 48, 1, 1914, p. 32-73.
156. — *Les sensations comparatives*, *A. F. A. S.*, 43^e session, 1914, p. 500-503.
157. — *Des lois diverses répondant au type général de la loi de Wandt pour les différentes sensations*, *A. F. A. S.*, 43^e session, 1914, p. 582-589.
158. — *Le temps de latence et la localisation des réflexes*, *B. B.*, 77, 11, 1914, p. 75-77.
159. — *Des rapports entre les lois de décroissance des temps de latence des sensations en fonction de l'intensité d'excitation et les marges d'excitabilité de ces sensations*, *B. B.*, 76, 1914, p. 76-79 et 131-133.
160. — *De la décroissance, en fonction des intensités d'excitation, du rapport de la période latente à la période totale d'établissement pour les sensations lumineuses*, *C. R.*, 158, 4, 1914, p. 274-276.
161. — *Influence de l'état d'adaptation de l'œil sur les lois de décroissance des temps de latence sensorielle pour diverses radiations lumineuses*, *C. R.*, 159, 1914, p. 281.
162. — *Recherches sur les lois de variation des temps de latence sensorielle en fonction des intensités excitatrices*, *An. Ps.*, 20, 1914, p. 17-96.
163. — *Contribution à la psychologie du Poulpe. La mémoire sensorielle*, *An. Ps.*, 20, 1914, p. 182-185.
164. — *Quelques observations sur les mœurs du Blennius ocellaris*, *Bull. du Muséum*, 1, 1914, p. 1316.
165. — *Sur le mode d'alimentation des Némertes*, *B. B.*, 77, 20, 1914, p. 4-6.
166. — *La notion d'instinct*, *Bull. Soc. fr. de Philos.*, 14, 8, 1914, p. 301-306.
167. — *Sur les variations de la résistance du corps d'origine affective*, *B. B.*, 77, 25, 1914, p. 332-334.
168. — *L'emploi du chronoscope d'Ewald et le chronoscope idéal*, *An. Ps.*, 20, 1914, p. 197-201.
169. — *Le problème de la différence entre sons et bruits*, *B. B.*, 76, 4, 1914, p. 157-158.

170. — *Sensation et perception en matière de discrimination cutanée*. An. Ps., 20, 1914, p. 186-189.
 171. — *Les facteurs de variation de fréquence des accès épileptiques* (avec Ed. Toulouse). *Epilepsia*, 4, 4, 1914.

1915

172. — I. De l'existence d'un syndrome commotionnel dans les traumatismes de guerre. II. Des variations du syndrome commotionnel suivant la nature des traumatismes et de son unité. III. Le syndrome commotionnel au point de vue du mécanisme pathogénique et de l'évolution (avec A. Mairet). *Bull. de l'Académie de Médecine*, 73, 1915, p. 654-661, 690-700 et 710-716.
 173. — *Les troubles de mémoire d'origine commotionnelle* (avec A. Mairet). *J. de Ps.*, 12, 4, 1915, p. 300-328.
 174. — *Quelle est la nature de la sensibilité vibratoire*. *B. B.*, 78, 12, 1915, p. 355-358.
 175. — *Hyperesthésie signifie toujours hyperalgésie*. *Revue Neurol.*, 22, 23-24, 1915, p. 947-951.
 176. — *L'attitude objective dans la psychologie moderne*. *Scientia*, 17, 1, 1915, p. 119-133.

1916

177. — *L'objectivisme psychologique et la doctrine dualiste*. *R. Ph.*, 41, 1, 1916, p. 61-71.
 178. — *Syndrome épileptique par irritation nerveuse périphérique ou épilepsie de Brown-Sequard* (avec A. Mairet). *Bull. de l'Académie de Médecine*, 75, 3, 1916, p. 80-90.
 179. — *De la différenciation des symptômes « commotionnels » et des symptômes « atopiques », dans les traumatismes crânio-cérébraux* (avec A. Mairet). *Montpellier Médical*, 39, 6, 1916, p. 174-183.
 180. — *De quelques problèmes posés par la Neuro-Psychiatrie de guerre au point de vue des réformes* (avec A. Mairet). *Montpellier Médical*, 39, 12, 1916, p. 387-401, et *Revue Neurologique*, 24, 2-3, 1917, p. 89-98.
 181. — *Une démonstration de l'origine médullaire de certaines contractures considérées comme névrosiques* (avec A. Mairet et L. Chichet). *B. B.*, 79, 7, 1916, p. 256-259.
 182. — *Troubles organiques et troubles névrosiques* (avec A. Mairet). *Rev. Neurol.*, 23, 4-5, 1916, p. 569-572.
 183. — *Des degrés de l'Hémianopsie corticale. L'Hémiastéréopsie*. *B. B.*, 79, 19, 1916, p. 1055-1058.

1917

184. — *Recherches sur les réflexes*. I. Des divers modes de réponse du muscle à la percussion. Réactivité idiomusculaire et réflexivité musculo-tendineuse. II. De l'ambiguïté de certains signes cliniques : Réflexe des ju-

- meaux, Réflexe médio-plantaire. III. La réflexivité osseuse, son identité fondamentale avec la réflexivité hétéro-musculaire. IV. Analyse de la réponse musculaire dans les réflexes musculo-tendineux. Dissociation en une réponse myoclonique et une réponse myotonique. B. B., 80, 1917, p. 111-115, 254-259, 294-298, 410-415.
185. — De la longue durée et de la variabilité des temps de latence pour les réflexes cutanés. B. B., 80, 11, 1917, p. 545-549.
186. — Le temps de latence des divers réflexes tendineux. Facteurs de variation, analyse, détermination du « temps propre du réflexe ». B. B. Mémoires, 80, 13, 1917, p. 651-659.
187. — Du moyen propre à déceler les abolitions apparentes du réflexe achilléen par lassité tendineuse corrélative d'une hypotonie musculaire. Rev. Neur., 24, 6, 1917, p. 515-516.
188. — Le syndrome émotionnel. Sa différenciation du syndrome commotionnel (avec A. Malret). Montpellier Médical, 39, 18, 1917, p. 581-599, et Annales Médico-Psychologiques, 73, 2, 1917, p. 183-206.

1918

189. — La loi générale des réflexes musculo-tendineux. B. B., 81, 1, 1918, p. 2-3.
190. — La question des rapports des réflexes tendineux avec le tonus musculaire. B. B., 81, 6, 1918, p. 293-298.
191. — Du mécanisme physiologique du tonus musculaire comme introduction à la théorie des contractures. Presse Médicale, 40, 1918, p. 88-91.
192. — Du mécanisme de la psychothérapie dans les contractures fonctionnelles. Progrès Médical, 45, 1918, p. 132-134.
193. — Des différents types, cloniques et toniques, d'exagération réflexe : hyper-tonie, clonus, spasmes tétanique. B. B., 81, 21, 1918, p. 1118-1123.
194. — I. Des réflexes labyrinthiques provoqués par excitation unilatérale. II. Des réflexes toniques relevant du fonctionnement normal ou de l'excitation bilatérale des labyrinthes. B. B., 81, 10, 1918, p. 540-544 et 545-550.
195. — De l'interprétation des troubles labyrinthiques qui se manifestent dans la réflexivité tonique, dans la station et dans la marche. B. B., Mémoires, 81, 12, 1918, 661-676.
196. — Les fondements de la séméiologie labyrinthique (Signification des épreuves cliniques). Presse Médicale, n° 48, 1918, p. 439-441.
197. — Du signe de l'irritation trigémino-occipitale et de la physiologie pathologique des céphalées chez les commotionnés (avec A. Malret). Montpellier Médical, 40, 4, 1918, p. 110-124 et Paris Médical, 8, 27, 1918, p. 1-7.
198. — Les séquelles subjectives des traumatismes crânio-cérébraux et le syndrome commotionnel (avec A. Malret). Presse Médicale, n° 54, 1918, p. 501.
199. — La Mémoire. R. Ph., 43, 9-10, 1918, p. 240-281.

1919

200. — La question des localisations sensitives de l'écorce et le syndrome sensitif cortical. Rev. de Médecine, 36, 2, 1919, p. 129-157.

291. — *Le fonctionnement cérébral et l'expérience pathologique de guerre.* Revue du Mois, 10-14, 118, 1919, p. 364-397.
292. — *Le puérilisme. Essai d'analyse du syndrome de Dupré à propos des puérils de guerre.* Revue de Médecine, 36, 1919, p. 300-345 et 410-437.
293. — *De la discrimination spatiale des sensations thermiques. Son importance pour la théorie générale de la discrimination cutanée.* B. B., 82, 2, 1919, p. 61-65.
294. — *De la détermination et de l'interprétation de la loi de l'oubli et des lois psychologiques en général.* R. Ph., 44, 7-8, 1919, p. 104-118.
295. — *Du rôle joué par les pertes physiologiques d'énergie dans la relation qui unit le temps de latence sensorielle à l'intensité de l'excitation.* C. R., 168, 22, 1919, p. 1123-1125.
296. — *De la loi de variation des temps de latence en fonction des intensités excitatrices pour les sensations auditives.* B. B., 82, 27, 1919, p. 1116-1118.
297. — *Temps de latence et temps d'action liminaires. Interprétation de la loi générale de variation en fonction des intensités excitatrices.* B. B., 82, 28, 1919, p. 1162-1165.
298. — *De l'importance respective des divers facteurs sensoriels dans le sens du retour de la Patelle.* B. B., 82, 30, 1919, p. 1227-1230.

1920

299. — *Hyperglycémie émotionnelle par ponction lombaire (avec E. Derrien).* Bull. de la Soc. des Sciences Médicales et Biologiques de Montpellier, 2, 4, 1920, p. 338.
300. — *Les formes élémentaires de l'émotion dans le comportement animal. La dynamogénie émotionnelle.* J. de Ps., 17, 10, 1920, p. 937-945.
301. — *De la dualité fondamentale des processus associatifs et des processus affectifs dans les syndromes mentaux.* Ann. Médico-Psychologiques, 76, 5, 1920, p. 409-416.
302. — *La psychologie zoologique, science du comportement animal.* J. de Ps., 17, 2-3, 1920, p. 139-167 et 240-265.
303. — *Recherches comparatives sur la mémoire des formes et celle des chiffres.* An. Ps., 21, 1920, p. 110-143.
304. — *Le retour au nid de la Patelle et la mémoire des mollusques.* La Nature, 46, 2425, 1920, p. 206-208.
305. — *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation.* I. Vision fovéale. II. Vision périphérique (loi des cônes et loi des bâtonnets). C. R., 170, 1920, p. 525-528 et 1203-1206.
306. — I. *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la surface rétinienne excitée pour la vision périphérique (cônes et bâtonnets).* II. *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la surface rétinienne excitée pour la vision fovéale et de l'influence réciproque de la durée et de la surface d'excitation sur la sommation spatiale ou temporelle pour la vision fovéale et périphérique (cônes et bâtonnets).* B. B., 83, 1920, p. 753-756 et 1072-1076. Congrès de Physiologie de Paris, juillet 1920. Résumés.

217. — Essai d'analyse expérimentale du temps de latence sensorielle. J. de Ps., 47, 4, 1920, p. 289-308.
 218. — Des principes physiologiques qui doivent présider à toute étude de la lumière. Rev. gén. des Sciences, 31, 19-20, 1920,, p. 620-633 et 656-664.
 219. — Les formes et le mécanisme nerveux du tonus (tonus de repos, tonus d'altitude, tonus de soutien). Rev. Neurol., 27, 10, 1920, p. 980-1011.

1921

220. — Hypertonie et hyperclonie dans la pathologie des réflexes tendineux. (Communication au Congrès des médecins aliénistes et neurologistes de langue française, 21^e session, Strasbourg 1920). Comptes Rendus 1921, p. 119-121. Les réaction toniques dans les réflexes tendineux. A. F. A. S., 44^e session, 1921, p. 320-321.
 221. — De la dualité de la réponse musculaire dans les réflexes musculo-tendineux et signification physiopathologique de la réponse tonique et de la réponse clonique. J. de Physiologie, 19, 1, 1921, p. 36-65.
 222. — L'autonomie et la dynamogénie émotionnelle. A. F. A. S., 44^e session, 1921, p. 388-389.
 223. — La notion des centres coordinateurs cérébraux et le mécanisme du langage. R. Ph., 46, 7-8, 9-10, 1921, p. 90-142, 233-280.
 224. — Du rôle de la phase périphérique dans la marge de variation des temps de latence sensorielle en fonction des intensités excitatrices. C. R., 172, 25, 1921, p. 1612-1614.
 225. — Comparaison des temps de latence sensorielle en excitation lumineuse brève et prolongée. B. B., 85, 21, 1921, p. 60-62.
 226. — Temps d'action tinnulaire et temps de réaction sensorielle. A. F. A. S., 44^e session, 1921, p. 383-384.
 227. — A quoi est dû le phénomène de la « Stroboscopie rétinienne » (figure radiée apparaissant au cours de la rotation des disques à secteurs). B. B., 85, 25, 1921, p. 300-303, et A. F. A. S., 45^e session, 1922, p. 1256-1259.
 228. — L'étude objective des sensations et les fondements de la connaissance. Rev. Scientifique, 59, 4, 1921, p. 100-107.
 229. — Quelques données physiologiques d'introduction à l'étude pratique de l'éclairage. Rev. gén. des Sciences, 32, 13, 1921, p. 390-399.
 230. — Du rôle des réflexes localisateurs dans les perceptions spatiales. Le nativisme réflexe. J. de Ps., 18, 10, 1921, p. 804-817 et A. F. A. S., 45^e session, 1922, p. 1256-1264.

1922

231. — Des lois du déséquilibre chromatique initial et de la prépondérance de la diffusion chromatique dans l'excitation lumineuse de la rétine (mécanisme de production des couleurs subjectives de Fechner-Benham). B. B., 86, 16, 1922, p. 922-925.
 232. — Loi de la vitesse d'établissement des processus chromatiques fondamentaux en fonction de l'intensité de l'excitation lumineuse. C. R., 174, 20, 1922, p. 1294-1296.

233. — *L'influence de l'intensité lumineuse sur la persistance rétinienne apparente (loi des cônes et loi des bâtonnets)*. Arch. néerlandaises de Physiologie, 7, 1922, vol. jubilaire Zwaardemaker, p. 190-212.
234. — *Sur la signification physiologique des lois dites psychophysiques*. J. de Ps., 19, 4, 1922, p. 365-371.
235. — *La question du temps de latence des différentes catégories de réflexes*. B. B., 84, 4, 1922, p. 190-192.
236. — *Nouvelles recherches sur l'analyse du temps de latence sensorielle et sur la loi qui relie ce temps à l'intensité de l'excitation*. An. Ps., 23, 1922, p. 58-142.
237. — *Appareils nouveaux de laboratoire (Dispositif de rotation. Photoptomètre différentiel. Esthésiomètre)*. An. Ps., 22, 1922, p. 224-236.
238. — *Recherches préliminaires sur les signes psycho-physiologiques de fatigue. Un essai de trois tests*. Notes et Mémoires de l'Institut Lannelongue, 3, 1922, p. 9-24.
239. — *La règle de Van't Hoff et les temps de réaction des Actinies*. B. B., 86, 8, 1922, p. 1076-1078.
240. — *Les fonctions propres de l'écorce dans le mécanisme des réceptions sensitives*. J. de Ps., 19, 10, 1922, p. 903-920.
241. — *Du rôle et de la signification du conflit scientifique entre mécanisme et vitalisme*. Scientia, 16, 118, 1922, p. 115-126.

1923

242. — *Du retard réductible de franchissement des synapses dans la propagation de l'excitation lumineuse de la rétine à l'écorce cérébrale*. C. R., 176, 10, 1923, p. 711-714.
243. — *Détermination du retard de l'excitation nerveuse par les produits de la réaction photochimique rétinienne au moyen d'une méthode de mesure des intervalles limites de masquage d'une excitation lumineuse variable par une excitation très intense*. B. B., 88, 10, 1923, p. 689-692.
244. — *De la variation des intervalles limites du masquage d'une excitation lumineuse par une excitation consécutive très intense en fonction de l'intensité de la première*. B. B., 88, 11, 1923, p. 736-739.
245. — *Le mécanisme des couleurs subjectives de Fechner-Benham*. J. de Ps., 20, 1, 1923, p. 75-80.
246. — *Le Mécanisme d'apparition des couleurs subjectives de Fechner-Benham*. An. Ps., 23, 1923 (sous presse).
247. — *De la différenciation des tests de développement et des tests d'aptitude*. An. Ps., 23, 1923 (sous presse).
248. — *L'orientation auditive latérale (Revue critique et études sur la théorie du mécanisme)*. An. Ps., 23, 1923 (sous presse).
249. — *Comment on peut concevoir la sensation de douleur*. J. de Ps., 1923 (sous presse).
250. — *De la réaction glycémique émotionnelle en fonction du degré d'émotivité et des manifestations matricées, et en rapport avec le taux de la glyco-rhachie (avec E. Derrien)*. J. de Ps., 1923 (sous presse).
251. — *Le rôle de la psychologie dans l'orientation professionnelle*. Notes et Mémoires de l'Institut Lannelongue (sous presse).

III. — DOCUMENTATION ET CRITIQUE

I. — Collaboration à l'Année Psychologique (depuis 1912) : Analyses. Chroniques. Revues critiques.

Entre autres :

1. — *Le problème des animaux pensants*, 29, 1914, p. 218-228.
2. — *Une œuvre psychologique de guerre : L'examen des exilés*, 21, 1920, p. 257-260.
3. — *La psychologie aux congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*, 21, 12, 1920, p. 253-261.

II. — Collaboration à *Biologica* (1911-1914) : Informations. Analyses.

Entre autres :

4. — *Les bâtonnets rétinien peuvent-ils assurer la perception des couleurs?* 1, 4, 1911, p. 130.
5. — *Vision des couleurs et mimétisme*, 1, 6, 1911, p. 214.
6. — *Signification biologique du relief*, 1, 10, 1911, p. 339.
7. — *Les perceptions à distance des aveugles et de l'escargot*, 1, 11, 1911, p. 377.
8. — *La réaction aux couleurs chez les Poissons*, 2, 20, 1912, p. 252.
9. — *La construction coordonnée des Termites*, 2, 21, 1912, p. 284.

III. — Collaboration au *Journal de Psychologie* (depuis 1920) : Analyses. Revues critiques.

Entre autres :

10. — *Une adaptation du Freudisme aux psychonévroses de guerre. L'inconscient et l'inconscient de Rivers*, 18, 1, 1921, p. 65-76.

IV. — Collaboration à la *Revue du Mois* (1907-1920) : Analyses. Chroniques.

Entre autres :

11. — *Les caractéristiques scientifiques du Dictionnaire de l'Académie*, 2, 23, 1907, p. 402-413.
12. — *L'écorce cérébrale est-elle le siège exclusif des faits de conscience?* 2, 18, 1907, p. 750-752.
13. — *La rôle sensoriel de la vésie nasale des Poissons*, 2, 24, 1907, p. 742-745.
14. — *Le problème de la conesthésie cellulaire*, 3, 30, 1908, p. 741-744.
15. — *La conscience et les localisations cérébrales*, 4, 40, 1909, p. 488-491.
16. — *L'Œuvre du VI^e Congrès international de Psychologie*, 4, 45, 1909, p. 362-368.
17. — *La théorie dite physiologique des émotions devant la psychologie*, 5, 53, 1910, p. 600-622.
18. — *La « sélection amicale » de Wasmann*, 5, 55, 1910, p. 105-108.
19. — *Les phénomènes mentaux et la température cérébrale*, 6, 63, 1911, p. 625-632.
20. — *Le problème de la personnalité*, 6, 70, 1911, p. 502-507.
21. — *Les réactions des organismes aux diverses radiations spectrales*, 7, 81, 1912, p. 374-377.

12. — *La Psychologie objective*, 8, 95, 1913, p. 620-638.
13. — *La Photométrie est-elle possible? Le rôle fondamental des unités photométriques et le double processus de sensibilité lumineuse de la rétine*, 10-11, 116, 1919, p. 308-315.
14. — *D'une réaction nécessaire de la nomenclature des sensations auditives*, 10-11, 117, 1919, p. 318-324.
15. — *Les applications sociales des sciences psychologiques*, 15, 131, 1920, p. 393-401.

V. — Collaboration à la *Revue Philosophique* (depuis 1908) : Analyses.

VI. — Collaboration à la *Revue de Psychiatrie et de Psychologie expérimentale* (1901-1914) : Analyses. Informations. Revues critiques.
Entre autres :

26. — *Les recherches expérimentales sur la mémoire*, *Sévrier* 1902, 5, 2, 49-64.
27. — *Les expériences sur l'association des idées*, 8, 7, 1903, p. 265-282.
28. — *Les tests en psychopathologie* (avec Ed. Toulouse), 8, 1, 1903, p. 1-13.
29. — *Les recherches de psychologie sociale et pédagogique*, 9, 12, 1904, p. 485-500 et 40, 3, 1905, p. 93-115.
30. — *L'enseignement pratique de la psychologie expérimentale*, 12, 10, p. 457-460.
31. — *L'œuvre d'Alfred Binet*, 16, 6, 1912, p. 246-247.

VII. — Collaboration à la *Revue Générale des Sciences* (1911-1920) :
Analyses. Informations. Chronique.

Entre autres :

32. — *Le renversement expérimental du phototropisme*, 23, 10, 1912, p. 380-381.
33. — *La photométrie et la variabilité topographique de persistance des impressions rétinienne*, 31, 13, 1920, p. 743-744.

VIII. — Collaboration à la *Revue Scientifique* (1904-1908) :
Analyses. Chroniques. Informations.

Entre autres :

34. — *Les sélections psychiques. — D'une méthode physiologique pour l'étude des facultés psychiques des animaux supérieurs*, 1904, II, p. 433-434, 1906, VI, p. 664-665.
35. — *Du mécanisme de l'excitation sécrétoire du pancréas et du foie*, 1904, II, 26, p. 807-812.
36. — *Un nouvel aspect de la lutte du mécanisme et du vitalisme : La Pneumologie*, 1905, IV, 10, p. 452-458.
37. — *La question des séries pour le calcul des probabilités. — Les contradictions du calcul des probabilités*, 1906, IV, p. 537 et p. 662-663.
38. — *Les idées de M. Nuel sur la vision. — L'équilibre psychophysiologique. — Pourquoi M. Nuel n'admet pas la psychologie comparée*, 1906, III, p. 345-346 et 597-599, 1906, VI, p. 57.
39. — *La théorie du sommeil instinct et le mécanisme du sommeil. — L'osmose, principe universel d'applications physiologiques*, 1906, V, p. 666-667 et VI, p. 440-442.
40. — *Encore quelques observations sur les expériences de M. Gutton, relatives aux rayons N*, 1906, V, p. 504-505.
41. — *Alimentation et tuberculose*, 1906, V, 3, p. 75-78.
42. — *Le problème scientifique de la graphologie*, 1906, VI, 20, p. 616-627.

43. — Les tremblements de terre, 1906, V, p. 819-822.
 44. — Nécrologies : E. Duclaux, 1904, I, p. 609-610. — Curie, 1906, V, p. 513-515. — H. Moissan, 1907, VII, p. 257-260.
 45. — Recue des Thèses de Physiologie 1904, II, p. 811-817. — 1906, VI, p. 173-177.
 46. — Comptes rendus de Congrès : V^e Congrès international de Zoologie, 1904, II, p. 495-501 et 525-531. — V^e Congrès int. de Physiologie, 1904, II, p. 750-752. — V^e Congr. intern. de Psychologie, 1905, IV, p. 41-47 et 68-77.

IX. — Collaboration à *Scientia* (depuis 1909) : Analyses.

Notes et revues critiques.

Entre autres :

47. — L'Œuvre d'Alfred Giard, 5, 10, 1909.
 48. — La conception nouvelle de l'aphasie, 6, 13, 1909.
 49. — L'état actuel du problème mutationniste, 6, 15-1910, p. 154-160.
 50. — Les instincts nuisibles à l'espèce devant les théories transformistes, 9, 7, 1911, p. 199-203.
 51. — L'évolution de l'opinion scientifique actuelle sur la question du mimétisme, 14, 32, n. p. 453-462.

X. — Collaborations diverses.

52. — Influence du travail intellectuel sur la température du corps (avec N. Vaschide). *Gazette des Hôpitaux*, 75, 94, 1902, p. 933-944.
 53. — Les applications du calcul des probabilités à la méthode scientifique (avec N. Vaschide). *L'enseignement mathématique*, 5, 1-2, 1903, p. 3-50, 111-128.
 53 bis. — Comment se servit de sa mémoire Demosin, 1912, n° 53.
 54. — Présentation d'un mémoire de W. Ferton sur l'instinct des Hyménoptères. *Bull. de l'Institut général psychol.*, 6, 1, 1906, p. 39-60.
 55. — Les méthodes iconométriques dans l'étude de la genèse psychosociale de la stature. *Bull. soc. d'anthropologie*, 6, 1, 1910, p. 122-127.
 56. — Le problème de la mentalité humaine dans les sociétés inférieures, d'après l'ouvrage de L. Lévy-Bruhl. *Bull. soc. d'anthropologie*, 6, 1, 1910, p. 173-178.
 57. — L'écho de la pensée et la théorie des fluctuations, d'après E. Stransky. *Ann. médico-psychol.*, 79, 3, 1912, p. 327-331.
 58. — Le rayon vert. Facteurs physiques et facteurs physiologiques. *La Nature*, 46, 2425, 1920, p. 206-208.
 58 bis. — Le Renouveau de la Thaumaturgie. Emile Coué, ou la nouvelle « Ecole de Nancy ». *Revue de France*, 2, 1, 1923, p. 66-92.

XI. — Rapports sur des expériences de contrôle.

59. — Sur un téleprojecteur-musical (avec P. Boissier et J. Courtier). Communication au V^e Congrès international de psychologie, Rome, 1906.
 60. — Rapport sur des expériences de contrôle relatives aux phénomènes dits ectoplasmiques (avec L. Lapicque, G. Dumas et H. Langier). *L'Opinion*, 15, 27, 1920, p. 725-728.
 61. — Compte rendu rédigé immédiatement après la démonstration du 10 décembre 1920 (Annexe à la communication de L. Lapicque sur une prétendue vision extra-réfléchissante v). *B. B.*, 58, 10, 1923, p. 674-675.

XII. — Discussions.

62. — Discussion au VI^e Congrès international de Psychologie sur la question des Tropismes (Genève, 4 août 1909). *Rapports et comptes rendus du VI^e Congrès International de Psychologie*, Genève, 1910, p. 338-343.
63. — Discussions scientifiques dans diverses sociétés : S. de Psychologie; S. de Philosophie; S. de Biologie; S. médico-psychologique; S. clinique de médecine mentale; Groupe d'études de psychologie zoologique de l'Institut général psychologique; Réunion médico-chirurgicale de la 16^e Région.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
RÉSUMÉ GÉNÉRAL	9

EXPOSÉ ANALYTIQUE

SECTION A. — Méthodologie et Philosophie biologique

Titre I. — *La Psychologie objective et la Physiologie.*

1 ^{re} La science du comportement	17
2 ^{de} Etude objective des sensations. Psychophysique et psychophysiologie	20

Titre II. — *Langage et Théories.*

1 ^{re} Vitalisme et mécanisme	22
2 ^{de} Corréata et pensée	24

Titre III. — *L'évolution psychophysiologique.*

1 ^{re} Tropisme, réflexe, instinct	25
2 ^{de} L'évolution psychique. Utilisation du passé et anticipation	28

SECTION B. — Psychophysiologie des sensations

Titre I. — *Le temps de latence des sensations. Son analyse, ses lois.*

1 ^{re} Temps de réaction et intensité d'excitation. La phase de latence sensorielle	30
2 ^{de} Les lois de variation des temps de latence; le rôle des marges d'excitabilité des sensations	32
3 ^{de} L'analyse du temps de latence de la sensation lumineuse	34
4 ^{de} L'analyse du temps de latence, d'après les durées limites de masquage	36

Titre II. — *Les lois de variation de l'énergie liminaire dans l'excitation de la rétine.*

1 ^{re} Energie liminaire et durée d'excitation	38
2 ^{de} Energie liminaire et surface d'excitation. Surface et durée	40

Titre III. — *Etablissement et persistance (couleurs subjectives).*

1 ^{re} Le mécanisme de production des couleurs subjectives de Fechner-Benham	41
2 ^{de} Couleurs subjectives et vitesse d'établissement chromatique	44
3 ^{de} Persistance rétinienne et intensité d'excitation	45

Titre IV. — *Illusions d'optique.*

1 ^{re} Illusion des roues tournantes	47
2 ^{de} Illusion de Müller-Lyer	47

Titre V. — *L'étude des sensibilités cutanées et profondes.*

1 ^{re} La discrimination cutanée	48
2 ^{de} La sensation de douleur	49
3 ^{de} La sensibilité vibratoire	50

Titre VI. — *Les sensations auditives.*

1 ^{re} Le bruit et les qualités des sensations auditives	50
2 ^{de} L'orientation auditive latérale	51

Titre VII. — L'étude comparée des sensations.

1° Les réceptions élémentaires des Actinies	52
2° Les sensations des Mollusques. Le sens chimique	52
3° Les sensations comparatives	53

Titre VIII. — Divers.

1° Lumière et photométrie. Principes d'éclairage	54
2° Le rayon vert	56
3° Réceptions indirectes et réflexes localisateurs	56
4° L'erreur de la « stroboscopie périmienne »	56
5° Le mécanisme de l'attention sensorielle	57

SECTION C. — Biologie. — Psychophysologie générale et comparée

Titre I. — Les phénomènes d'autotomie.

1° Les phénomènes d'autotomie	58
-------------------------------------	----

Titre II. — Le comportement chromatique. Immobilité et mimétisme.

1° Homochromie et homophasie	59
2° Immobilité et mimétisme	61

Titre III. — Le comportement respiratoire et l'anticipation adaptative.

1° Le comportement respiratoire et l'anticipation adaptative	62
--	----

Titre IV. — Rythmes et persistances rythmiques.

1° Le rythme nycthéméral de la température du corps	64
2° Persistances rythmiques chez les animaux	64
3° Le rythme et la biologie du sommeil	65

Titre V. — L'orientation et la mémoire sensorielle des animaux.

1° L'orientation chez les Fourmis. La mémoire kinesthésique	66
2° L'orientation de la Pabele	67
3° La reconnaissance chez les Fourmis	69
4° Diverses formes de la mémoire sensorielle des animaux	69

Titre VI. — Les lois de la mémoire.

1° Les processus mnémoniques étudiés	70
2° Loi d'établissement de la trace mnémonique	71
3° Loi de l'oubli	72
4° L'interprétation des lois	75

Titre VII. — L'émotion.

1° Dynamogénie émotionnelle et théorie de l'émotion	76
2° La réaction glycémique émotionnelle	76
3° La réaction psycho-galvanique	77

Titre VIII. — Divers.

1° Le comportement du Poulpe vis-à-vis de ses proies	78
2° Le mode d'alimentation des Némertes	79
3° Ethologie des animaux	79
4° Le vol des Insectes	80
5° Les limites de l'activité volontaire	80

SECTION D. — Neurophysiologie et neuropathologie

Titre I. — Physiologie du sommeil.

1° Les caractéristiques physiologiques du sommeil	81
2° La polygénèse des états de sommeil	82
3° La cause du sommeil	83

1 ^o Le mécanisme normal du sommeil	84
Titre II. — <i>Réflexes et tonus musculaire.</i>	
1 ^o Les réflexes tendineux	85
2 ^o Le tonus musculaire	88
3 ^o Le temps de latence des réflexes	92
Titre III. — <i>La réflexivité labyrinthique.</i>	
1. Des réactions normales de l'appareil vestibulaire	93
2 ^o L'interprétation des troubles pathologiques de la réflexivité labyrinthique	94
Titre IV. — <i>Syndromes de guerre et physiopathologie affective.</i>	
1 ^o Syndrome commotionnel et syndrome émotionnel	96
2 ^o Les troubles de mémoire d'origine commotionnelle	98
3 ^o Le puérilisme mental	99
4 ^o La pathologie affective	100
Titre V. — <i>Physiopathologie cérébrale.</i>	
1 ^o Les localisations sensitives et les fonctions propres de l'encéphale	101
2 ^o Les degrés de l'hémianopsie	102
3 ^o Le fonctionnement cortical et l'aphasie	103
Titre VI. — <i>Divers.</i>	
1 ^o Effets cérébraux de la fatigue	104
2 ^o Etudes sur l'épilepsie	105
3 ^o Problèmes pratiques de pathologie de guerre et névroses	106
SOMMES E. — <i>Psychologie générale</i>	
Titre I. — <i>Les phénomènes associatifs.</i>	
1 ^o La loi générale de l'association des idées	107
2 ^o Association et caractère individuel	107
3 ^o Rapidité des processus psychiques et association médiate	108
Titre II. — <i>Le rêve.</i>	
1 ^o Le contenu du rêve	108
2 ^o Sémiologie du rêve	109
3 ^o Rêve et croyances	109
Titre III. — <i>Sentiments intellectuels et psychologie des concepts.</i>	
1 ^o Les sentiments intellectuels et la paranasie	109
2 ^o Le concept de hasard	110
3 ^o Les conséquences sociales des principes cartésiens	110
Titre IV. — <i>Divers.</i>	
1 ^o Psychologie d'un Xiphopage	111
2 ^o La mémoire affective	112
3 ^o Psychologie des mourants	113
SOMMES F. — <i>Technique expérimentale et applications. — Documentation et critique</i>	
Titre I. — <i>Technique.</i>	
1 ^o Appareils et dispositifs de laboratoire	113
2 ^o La technique des tests	113
Titre II. — <i>Applications.</i>	
1 ^o Mémoire et pédagogie	121
2 ^o Aptitudes et psychométrie. Orientation professionnelle	121

Titre III. — *Bibliographie et Documentation.*

1 ^o Bibliographie. Comptes rendus de travaux	132
2 ^o Travaux documentaires	133

Titre IV. — *Critique et contrôle.*

1 ^o La critique des rayons X	134
2 ^o Expériences de contrôle	137
3 ^o Critique. Etudes diverses	138

LISTE DES PUBLICATIONS	139
------------------------------	-----